

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA



PESQUISA E REPRESENTAÇÃO DE PERCURSOS NO INTERIOR DE EDIFÍCIOS TENDO EM CONTA RESTRIÇÕES DE MOBILIDADE

Pedro Filipe Bandejas Cardoso

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
Interação e Conhecimento

Dissertação orientada pela Prof^a Doutora Maria Dulce Pedroso Domingos e pela Prof^a Doutora
Ana Paula Boler Cláudio

2018

Agradecimentos

Chegando ao fim deste projeto e documento, existem várias pessoas/entidades às quais eu quero agradecer.

Quero agradecer às minhas orientadoras, Professora Ana Paula Cláudio e Professora Dulce Domingos, por todas as ajudas e oportunidades que me deram. Sem elas, nunca tinha finalizado este projeto.

Quero agradecer ao Professor Adriano Moreira e ao Diogo Matos pela sua contribuição neste projeto. Também quero agradecer ao Diogo Pereira Henriques pela sua contribuição nas reuniões iniciais.

Quero agradecer a todos os utilizadores que testaram a aplicação deste trabalho e que deram opiniões importantíssimas para o seu desenvolvimento, e, em especial, quero agradecer à Professora Teresa Chambel pelos excelentes conselhos dados no início do desenvolvimento da aplicação, a nível da interface.

Quero agradecer à minha família, aos meus pais, à minha tia Nélinha e aos meus primos: Joana, Francisca, Manuel e Matilde. São pessoas que eu amo profundamente e o apoio deles foi fundamental para eu acabar este projeto.

Por fim, mas não menos importante, quero agradecer à minha outra “família”, aos meus amigos mais chegados. Quero agradecer ao Nuno Monteiro por estar disponível para me ouvir, quero agradecer ao Bruno Figueira e ao Luís Pedro por me ajudarem a ultrapassar os dias mais difíceis, quero agradecer ao Pedro Ramos, não só pela amizade durante os tempos de faculdade, mas pela amizade atual também, e por fim, quero agradecer à Carolina Meireles por todo o apoio moral e por me ter ajudado a crescer como ser humano.

Este trabalho foi parcialmente financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia- ao abrigo dos projetos UID/CEC/00408/2013 (unidade de investigação LaSIGE) e UID/MULTI/04046/2013 (unidade de investigação BioISI).

À minha avó Odete.

Resumo

Nos dias de hoje, recorrendo à tecnologia GPS, conseguimos, quase sempre, saber em que local nos encontramos e obter indicações claras sobre o caminho a seguir para chegar a um destino à nossa escolha. O recurso a esta solução é já um gesto comum e normal do nosso quotidiano. Contudo, devido a limitações técnicas, a tecnologia GPS não pode ser usada no interior de edifícios, o que se torna de algum modo limitativo e estranho para os seus utilizadores habituais, sobretudo pelo facto de no interior de muitos edifícios públicos ser efetivamente complexo procurar um caminho. E esta complexidade aumenta consideravelmente quando o utilizador tem mobilidade reduzida e se depara ainda com mais barreiras arquitetónicas.

Para contornar as limitações tecnológicas do GPS, no interior de edifícios são usados sistemas de navegação interior. Estes sistemas são especialmente úteis em espaços complexos, como aeroportos, centros comerciais, hospitais ou *campus* de universidades, onde as pessoas precisam de ajuda para encontrar os melhores caminhos. Em caso de mobilidade reduzida, o único requisito que estes sistemas costumam cumprir é evitar escadas nos caminhos dados, o que é insuficiente.

Neste trabalho apresenta-se uma solução concebida para apresentar graficamente caminhos no interior de edifícios e que se adequa a pessoas com ou sem mobilidade reduzida. A solução proposta, designada w4all (“way for all”), é um sistema de navegação interior e tem em conta vários requisitos para utilizadores com mobilidade reduzida. Esta solução foi implementada para equipamentos móveis e testada por utilizadores com os dois tipos de mobilidade num dos edifícios da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Os resultados desta avaliação são encorajadores e mostram o potencial desta solução.

Palavras-chave: procura de caminhos no interior de edifícios, navegação no interior de edifícios, mobilidade reduzida.

Abstract

Nowadays, resorting to GPS technology, we are often able to know where we are and obtain information of a clear path between our current position and a chosen destination. The use of this solution is already a common and normal action in our lives. However, due to technical limitations, the GPS technology can not be used inside buildings, something the normal users can find limiting and weird, mostly because there are a lot of buildings where finding a path inside is a complex job. And this complexity greatly increases when an user has reduced mobility and comes across with even more architectural barriers.

To bypass GPS technologies' limitations, indoor navigation systems are used inside buildings. These systems are especially useful in complex spaces, like airports, malls, hospitals or universities, where people need help to find the best paths. In case of reduced mobility, the only requirement that these systems usually fulfill is avoiding stairs in the given paths, which is insufficient.

In this work, we present a solution, developed to show graphically paths inside buildings, that are adequate to users with or without reduced mobility. The proposed solution, called w4all ("way for all"), is an indoor navigation system and takes into account several requirements for reduced mobility users. This solution was developed for mobile systems and it was tested by users with two types of mobility inside one of the buildings of Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. The results of this user tests are promising and show the potential of the proposed solution.

Keywords: wayfinding inside buildings, indoor navigation, reduced mobility.

Conteúdo

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Contribuições	2
1.4	Estrutura do documento	3
Capítulo 2	Sistemas de navegação interior	5
2.1	Localização do utilizador	5
2.2	Representação do ambiente	7
2.3	Cálculo de caminhos	8
2.3.1	Algoritmo A*	9
2.3.2	Algoritmo <i>Dijkstra</i>	9
2.3.3	Preferências do utilizador	10
2.4	Interação com o utilizador	10
2.5	Conclusões	12
Capítulo 3	w4all: análise de requisitos	13
3.1	Objetivos	13
3.2	Processo de desenvolvimento	13
3.3	Levantamento e análise de requisitos	14
3.3.1	<i>Stakeholders</i>	14
3.3.2	Requisitos do sistema w4all	15
3.4	Conclusões	21
Capítulo 4	Arquitetura e desenho do w4all	23
4.1	Arquitetura do sistema w4all	23
4.2	Localização do utilizador	24
4.3	Representação do ambiente	26
4.4	Cálculo dos caminhos	27
4.5	Interação com o utilizador	27
4.6	Diagrama de Sequência	29
4.7	Conclusões	31
Capítulo 5	w4all: protótipos e avaliação	33
5.1	Primeiro protótipo	33
5.2	Avaliação do primeiro protótipo	35
5.3	Segundo protótipo	36
5.4	Avaliação do w4all	38
5.4.1	<i>SUS</i>	39
5.4.2	Avaliação da interface	39
5.4.3	Avaliação do mapa	40
5.4.4	Análise da aplicação	42
5.4.5	Apreciação e utilidade da aplicação	43
5.4.6	Conclusões	45
Capítulo 6	Conclusão	47
6.1	Conclusões	47
6.2	Trabalho futuro	47
6.3	Considerações finais	48
Bibliografia	51
Anexo A	Manual de utilizador	55
A.1	O que é a w4all?	55
A.2	Requisitos físicos para executar a aplicação	55

A.3	Utilização da aplicação.....	55
A.3.1	Instalação da aplicação	55
A.3.2	Iniciar a aplicação	56
A.4	Funcionalidades da interface	57
Anexo B	Manual técnico	59
B.1	Introdução.....	59
B.2	Software Utilizado.....	59
B.3	Blender	59
B.3.1	Criação dos modelos das plantas	59
B.3.2	Exportação dos modelos	63
B.4	Unity.....	63
B.4.1	Importação dos diferentes modelos e símbolos	63
B.4.2	Configuração dos diferentes modelos	64
B.4.3	Implementação do algoritmo A*	64
B.4.4	Calcular caminhos e implementação da interface.....	66
B.5	Recolher e modificar <i>fingerprints</i>	67
B.6	Adicionar novas funcionalidades	69
Anexo C	Tabela de símbolos	71
Anexo D	Guião de testes preliminares	73
Anexo E	Guião de testes.....	81
Anexo F	Fotografias dos testes com utilizadores	89

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Representação de uma grelha, do lado esquerdo, e de um grafo, do lado direito ..	8
Figura 2.2 - Visualização de dois pisos diferentes de um edifício no Google Maps (a escolha do piso a visualizar é efetuada no canto inferior direito da interface).	11
Figura 3.1 - Edifício C6 da Faculdade de Ciências	13
Figura 3.2 - Diagrama do modelo do Processo Iterativo e Incremental.....	14
Figura 4.1 - Interface do sistema w4all	23
Figura 4.2 – Arquitetura do sistema w4all	24
Figura 4.3 - Modelo de dados da base de dados.....	24
Figura 4.4 – Cenário em que foi possível determinar a localização corrente do utilizador	25
Figura 4.5 – Cenário em que não foi possível determinar a localização corrente do utilizador	26
Figura 4.6 – Planta do piso 1	26
Figura 4.7 - Informação sobre a posição corrente para um utilizador que escolheu o modo “mobilidade reduzida”	28
Figura 4.8 - Informação sobre a posição corrente para um utilizador que escolheu o modo “mobilidade normal”	29
Figura 4.9 - Diagrama de sequência para o caso de uso em que o utilizador pede um caminho à aplicação.....	30
Figura 5.1 - Componentes da interface do primeiro protótipo	34
Figura 5.2 – Interface do primeiro protótipo da aplicação w4all	35
Figura 5.3 - Evolução do símbolo que representa a posição corrente do utilizador (à esquerda, o símbolo usado no primeiro protótipo e à direita, o símbolo atual)	36
Figura 5.4 - Evolução do símbolo que representa a posição das escadas (da esquerda para a direita): o símbolo usado no primeiro protótipo e o símbolo atual com as suas duas variantes de cor, que dependem do tipo de mobilidade de utilizador, sem e com mobilidade reduzida, respetivamente.....	36
Figura 5.5 - Classe dos espaços redesenhada	37
Figura 5.6 – Interface do segundo protótipo da aplicação w4all	37
Figura 5.7 - Componentes da interface do segundo protótipo	38
Figura A.1 - Permissões para funcionalidades do tablet, antes da instalação	56
Figura A.2 - Exemplo de um estado inicial da aplicação	56
Figura A.3 - Organização e explicação das funcionalidades da interface.....	57
Figura A.4 - Legenda dos vários símbolos da aplicação.....	58
Figura B.1 - Divisão por planos	60
Figura B.2 - Planta do piso 2.....	60
Figura B.3 - Primeiros passos no Blender	61
Figura B.4 - Início da modelação	61
Figura B.5 - Exemplo da técnica de extrusão.....	62
Figura B.6 - Resultado final, com os planos divididos	62
Figura B.7 - Importação do ficheiro ".blend" (Unity).....	63
Figura B.8 - Parâmetro do objeto piso	64
Figura B.9 - Exemplo de parâmetros de análise do ambiente do algoritmo A*	65
Figura B.10 - Exemplo de parâmetros para casos especiais	66
Figura B.11 - Configuração do aspeto da interface.....	67
Figura B.12 - Editar localização do utilizador no Where@UM.....	68
Figura B.13 - Modelo de dados da base de dados	68
Figura F.1 - Utilizadora a testar a aplicação no edifício C6 acompanhada por Pedro Cardoso.	89

Figura F.2 - Utilizadora a testar a aplicação no edifício C6 acompanhada por Pedro Cardoso.	89
Figura F.3 - Utilizador a preencher o inquérito depois de ter testado a aplicação no edifício C6 da FCUL.	90
Figura F.4 - Utilizadora a testar aplicação no edifício C6 da FCUL.	90
Figura F.5 - Utilizadora a testar aplicação no edifício C6 da FCUL.	91

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Análise de critérios referentes a algumas técnicas de localização do utilizador, baseada em [10].....	7
Tabela 3.1 - Requisitos do sistema w4all relativos ao edifício C6 da FCUL (Legenda: E-essencial; C-complementar; E/C- parcialmente essencial; N/A-não se aplica).....	19
Tabela 5.1 - Avaliação do uso da interface e sua disposição (1- “discordo totalmente”; 5- “concordo totalmente”)	39
Tabela 5.2 - Avaliação da percetibilidade do mapa e seus elementos gráficos (1- “discordo totalmente”; 5 - “concordo totalmente”)	40
Tabela 5.3 - Avaliação da percetibilidade de cada símbolo (1- “nada percetível” e 5- “extremamente percetível”)	41
Tabela C.1 - Símbolos usados na aplicação	71

Lista de Gráficos

Gráfico 5.1 – Utilidade da aplicação	43
Gráfico 5.2 - Apreciação Global da aplicação	43
Gráfico 5.3 - Utilidade da aplicação vs. Conhecimento do edifício	44
Gráfico 5.4 - Apreciação Global da aplicação vs. Conhecimento do edifício	44
Gráfico 5.5 - Resposta da aplicação aos objectivos antecipados pelo utilizador e permite aquilo a que se propõe sem restrições	45

Lista de Listagens

Listagem 2.1 – Pseudocódigo do algoritmo A*, baseado em [31].....	9
Listagem 2.2 – Pseudocódigo do algoritmo Dijkstra [32]	10

Capítulo 1

Introdução

O presente trabalho foi elaborado no âmbito do Mestrado em Engenharia Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, mais concretamente nas unidades de investigação LaSIGE (Laboratório de Sistemas Informáticos de Grande Escala) e no grupo MAS (Modelação de Agentes e de Sistemas) do BioISI (Instituto de Biosistemas e Ciências Integrativas).

Este trabalho apresenta uma solução gráfica para equipamentos móveis que suporta a pesquisa de caminhos no interior de edifícios, para utilizadores com e sem mobilidade reduzida. A aplicação foi implementada, e testada por utilizadores voluntários num dos edifícios da FCUL, e designa-se por w4all (“way for all”).

1.1 Motivação

Nos dias de hoje, o Mundo torna-se, cada vez mais, acessível. As novas tecnologias permitem-nos acelerar a realização de atividades que, antigamente e sem recurso a estas, poderiam consumir-nos muito mais tempo. Estas tecnologias podem ajudar as pessoas, quer a nível físico, quer a nível psicológico, no sentido de melhorarem a sua vida e as atividades do dia-a-dia.

O avanço tecnológico permitiu, também, que as pessoas pudessem ter aplicações, com funcionalidades complexas, em dispositivos móveis. Um exemplo disto é o Google Maps, que, integrando GPS (Global Positioning System) [1], ajuda as pessoas a obterem um caminho para um determinado destino, quer se desloquem a pé, quer usem um meio de transporte.

O GPS, contudo, tem um funcionamento limitado em espaços fechados, uma vez que depende de ligações a satélites espaciais. Esta limitação é devida ao facto de o material usado na construção da maior parte dos edifícios atenuar os sinais de rádio usados nestas ligações. Por isso, tendo em conta que os edifícios atualmente são grandes e com estruturas complexas, é preciso desenvolver-se uma nova maneira para ajudar as pessoas a navegarem dentro destes espaços.

Existem alguns estudos e produtos [2, 3] que dão apoio à navegação no interior de edifícios. Este trabalho, debruça-se sobre funcionalidades ainda não exploradas ou implementadas, tais como, tentar resolver e contornar as limitações que os edifícios trazem a pessoas com mobilidade reduzida.

1.2 Objetivos

O objetivo deste projeto foi o desenvolvimento de uma aplicação, o w4all, que ajuda as pessoas a navegarem dentro de edifícios, calculando percursos nesses mesmos edifícios.

O grande desafio deste trabalho foi tornar a aplicação útil também para pessoas com mobilidade reduzida.

Tal como outras aplicações de navegação, que funcionam em espaços abertos, a aplicação começa por apresentar a planta do piso em que se encontra o utilizador. A partir deste ponto e usando a interface da aplicação, o utilizar pode pedir o caminho mais curto entre a sua posição atual e um local de destino, que escolha no edifício. São tidas em conta as limitações de mobilidade, sendo possível solicitar

percursos alternativos se, por exemplo, o elevador mais próximo está avariado. Também, é possível pedir um caminho até ao balcão do segurança do edifício.

Para além da planta, a aplicação apresenta a localização de espaços de carácter especial, como as casas de banho, os elevadores, as escadas, as rampas de acesso, as portas de entrada, entre outros, através de símbolos gráficos que ajudam o utilizador a reconhecer de forma intuitiva estas localizações.

Esta solução é, na verdade, mais complexa do que só a aplicação *w4all* em si, tendo várias componentes exteriores à aplicação, mas ligadas a ela. Informações e dados sobre os vários espaços e locais estão guardados numa base de dados alojada num servidor remoto. Isto quer dizer que, quando necessário, a aplicação tem de comunicar e fazer pedidos ao servidor para obter estas informações. As mesmas são inseridas na base de dados por uma outra aplicação designada *Where@UM*, desenvolvida na Universidade do Minho, que consegue dar a posição de um utilizador, recorrendo a *fingerprints* para identificar um local [4].

No decorrer deste projeto, todas as ferramentas de *software* e as extensões utilizadas são gratuitas. O único custo registado foi do dispositivo móvel utilizado para testar a aplicação.

Na versão atual, a aplicação funciona no edifício C6 da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, sendo possível adaptar a aplicação a outros edifícios em futuras iterações da solução.

1.3 Contribuições

Para desenvolver a aplicação, tirou-se partido das potencialidades das seguintes ferramentas: Unity3D [5], indicado para a construção rápida de interfaces simples e da implementação de diferentes algoritmos, tais como, algoritmos de procura de caminhos; Blender [6], indicado para a modelação de objetos tridimensionais, ou bidimensionais, como plantas, de fácil exportação para outros *software*. Também foram utilizadas outras ferramentas de *software* específicos, para realizar algumas tarefas. A utilização destas ferramentas será descrita, mais em pormenor, posteriormente neste documento. A aplicação desenvolvida apresenta, graficamente, o espaço onde o utilizador se encontra atualmente e ajuda-o a navegar dentro de edifícios.

A aplicação pode ter dois tipos de utilizadores: com mobilidade normal e com mobilidade reduzida. Dependendo do tipo de mobilidade, a aplicação apresenta alguns acessos de modo diferente e tem alguns cuidados no cálculo de caminhos. Por exemplo, no caso de o utilizador ter mobilidade normal, a aplicação apresenta o símbolo das escadas num tom de laranja e calcula apenas o caminho mais curto entre a posição do utilizador e o seu destino. No caso de o utilizador ter mobilidade reduzida, o símbolo das escadas é representado com tons cinzentos e a aplicação calcula o caminho mais curto, que seja acessível para o utilizador, descartando caminhos que incluam barreiras arquitectónicas, como por exemplo degraus e escadas. O utilizador, caso se depare com um elevador avariado, pode pedir à aplicação que lhe indique um caminho alternativo.

A aplicação funciona em qualquer dispositivo móvel com o sistema operativo Android, estando otimizado para tablets com ecrã de sete polegadas. O dispositivo móvel tem de estar ligado à rede *wireless* e a aplicação, por enquanto, apenas funciona no edifício C6 da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Foi efetuada uma avaliação com vários utilizadores de diferentes faixas etárias, com diferentes conhecimentos do interior do edifício e com os dois tipos de mobilidade. Esta avaliação permitiu tirar conclusões sobre o potencial e a utilidade da aplicação.

No decurso do projeto, foi aceite para publicação e apresentado oralmente o seguinte artigo na conferência CENTERIS 2016:

Indoor navigation systems for reduced mobility users: The w4all case study”, Pedro Cardoso, Dulce Domingos, Ana Paula Cláudio, Procedia Computer Science 100 (2016): 1200-1207

Um segundo artigo foi escrito e submetido para publicação numa revista.

1.4 Estrutura do documento

Este documento está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2 - Sistemas de navegação interior
Descrição dos conceitos base e fundamentais no trabalho e apresentação de trabalhos relacionados, que exemplificam esses mesmos conceitos.
- Capítulo 3 - w4all: análise de requisitos
Enunciação dos requisitos do produto final, a nível do que o utilizador pode esperar e que tipo de *hardware* é adequado. Também é identificado o público-alvo.
- Capítulo 4 - Arquitetura e desenho do w4all
Descrição e análise, a um nível abstrato, das várias componentes do w4all, sendo que também são apresentadas as diferentes escolhas para cada componente.
- Capítulo 5 - w4all: protótipos e avaliação
Descrição e análise, a um nível prático, das várias componentes do trabalho realizado, sendo que, também, são apresentadas e explicadas as escolhas feitas e que deram origem a um protótipo mais refinado. Apresentação da metodologia e dos resultados dos testes com utilizadores realizados para avaliar os protótipos desenvolvidos.
- Capítulo 6 - Conclusão
Discussão sobre o trabalho realizado e ideias para trabalho futuro.

Capítulo 2

Sistemas de navegação interior

Este capítulo apresenta o estado da arte sobre sistemas de navegação interior considerando as suas quatro componentes principais identificadas por Fallah et al. [9]: (1) localização do utilizador; (2) representação do ambiente; (3) calcular caminhos e (4) interação com o utilizador. Para cada componente, referem-se as principais técnicas e algoritmos utilizados, fazendo uma análise das suas vantagens e desvantagens.

2.1 Localização do utilizador

Os sistemas de navegação precisam de ter incorporada uma forma básica de localização [7], ou seja, um mecanismo que permita determinar a posição do utilizador. Dependendo dos requisitos do sistema, podemos ter dois tipos de localização [8]: **posicionamento**, quando a localização é dada por um conjunto de coordenadas (por exemplo as coordenadas do GPS); e **localização simbólica**, em que a localização é identificada através de conceitos abstratos (por exemplo, “o utilizador está na sala 38”).

Fallah et al. agrupam os métodos para determinar a localização de acordo com as técnicas que são utilizadas [9]: cinemática, reconhecimento de padrões e sem fios (*wireless*).

A técnica **cinemática** (*kinematic*, em inglês, e também designada por *dead-reckoning*) calcula a posição atual do utilizador, baseando-se em estimativas ou posições conhecidas anteriormente. Nestas estimativas são usadas informações sobre a orientação e a velocidade do utilizador, obtidas através de sensores nos dispositivos móveis (tais como giroscópio e acelerómetro) [10, 11, 12, 13]. A posição inicial do utilizador pode ser definida com um valor por omissão, através da última posição conhecida do GPS ou de uma das outras técnicas descritas nesta subsecção.

As técnicas de **reconhecimento de padrões** [14, 15] aproveitam, não só a tecnologia incorporada nos dispositivos móveis, mas também objetos do mundo exterior. Atualmente, todos os dispositivos móveis possuem uma câmara incorporada. Se no ambiente, tivermos objetos identificados com uma etiqueta (código de barras ou código QR, por exemplo), estas podem ser associadas a espaços, sendo então possível determinar a posição do dispositivo através da análise daquilo que o dispositivo “vê”, ou seja, do reconhecimento de um determinado padrão.

Por fim, as técnicas **sem fios** (*wireless*, em inglês) usam diferentes tipos de ondas eletromagnéticas [9, 10, 16, 17] e podem ser utilizadas para detetar a posição do utilizador. Os dispositivos móveis capturam os sinais emitidos por dispositivos instalados no ambiente.

Estas técnicas podem ser separadas em três grupos distintos: sensoriamento direto, triangulação e distribuição de sinal (*Signal Distribution*, ou *fingerprinting*, em inglês) [18, 19].

As técnicas de **sensoriamento direto** determinam a posição do utilizador através da comunicação com identificadores ou etiquetas únicos que tenham sido previamente instalados no ambiente [20, 17]. Nestas técnicas basta um identificador ou etiqueta para calcular a posição do utilizador.

As técnicas baseadas em **triangulação** usam a informação de três ou mais pontos circundantes ao utilizador para calcular a sua posição.

As técnicas de **distribuição de sinal** (ou *fingerprinting* em inglês) usam sensores incorporados nos dispositivos móveis e que são capazes de comunicar com fontes externas existentes num edifício. Numa fase inicial (fase de treino) são recolhidos, em diferentes locais, dados sobre a força de sinal (*fingerprints*) e a respetiva localização. Estes dados podem ser guardados numa base de dados. Numa fase posterior, quando um utilizador estiver a navegar no edifício, são recolhidas automaticamente *fingerprints* da sua posição atual e comparadas, usando por exemplo a distância de Manhattan, com as *fingerprints* da base de dados, para determinar a *fingerprint* mais aproximada. Um exemplo de fontes externas, são os pontos de acesso que fornecem rede Wi-Fi dentro do edifício. O sinal destes pontos de

acesso pode ser usado para se criar um mapa de *fingerprints* do edifício. Adicionalmente, podem ser usados pontos de acessos virtuais para aumentar a precisão de localização [18].

Jain et. al. classificam estas 3 técnicas pelos seguintes critérios [10]:

- **Custo**

As técnicas cinemáticas não requerem *hardware* externo, logo o custo monetário envolvido, comparando com as outras, é bem menor. As técnicas de reconhecimento de padrões precisam de objetos identificadores instalados em todo o edifício. Contudo, o custo associado a estes identificadores é menor que o custo associado ao *hardware* externo necessário para as técnicas *wireless*.

- **Manutenção**

A manutenção nas técnicas cinemáticas está limitada apenas ao dispositivo móvel. Nas técnicas sem fios e de reconhecimento de padrões, a manutenção tem de ser feita por todo o edifício. Contudo, a manutenção nas técnicas sem fios é mais difícil, devido à existência de dispositivos eletrônicos em cada ponto de interesse que necessitam dessa manutenção regularmente. Já nas técnicas de navegação visuais, apenas os objetos identificadores precisam de manutenção.

- **Consumo de recursos**

Nas técnicas cinemáticas estes recursos estão relacionados só com o dispositivo móvel. Nas técnicas sem fios, para além do dispositivo móvel, temos os recursos gastos pelos equipamentos instalados. Por fim, nas técnicas de reconhecimento de padrões, o gasto dos recursos depende do sensor de luminosidade do dispositivo móvel e dos objetos identificadores. Para além disso, por vezes, são necessárias aplicações para decodificar estes objetos, aplicações essas que têm o seu próprio consumo de recursos.

- **Alcance**

As técnicas cinemáticas conseguem alcançar e funcionar em qualquer tipo de edifício, independentemente da sua complexidade. O funcionamento das técnicas sem fios e das técnicas de reconhecimento de padrões dependem da complexidade do edifício.

- **Exatidão**

As técnicas de reconhecimento de padrões são as mais exatas. Nas outras duas técnicas a exatidão é menor, devido ao elevado número de computações e cálculos que necessitam. No caso das técnicas sem fios, a exatidão pode ser melhorada através de uma boa configuração da rede.

- **Posição inicial**

As técnicas de reconhecimento de padrões são precisas no cálculo da posição inicial, com a ajuda dos objetos identificadores. Nas técnicas sem fios, este cálculo depende da existência de transmissores em cada ponto de interesse. Encontrar a posição inicial nas técnicas cinemáticas é um desafio, já que nenhuma referência exterior é usada.

- **Complexidade computacional**

A complexidade computacional depende dos algoritmos e equações usados e afetam maioritariamente a bateria do dispositivo. Quer as técnicas cinemáticas, quer as técnicas sem fios, usam bastantes cálculos numéricos. Comparativamente, as técnicas de reconhecimento de padrões necessitam de um número menor de cálculos.

Na Tabela 2.1 é apresentado um resumo dos pontos fortes e fracos de cada técnica, sendo que a escala vai de 1 (aconselhável) a 3 (não aconselhável).

Tabela 2.1 - Análise de critérios referentes a algumas técnicas de localização do utilizador, baseada em [10]

Critério	Cinemático	Sem fios	Reconhecimento de padrões
Custo	1	3	2
Manutenção	1	3	2
Consumo de recursos	1	3	2
Alcance	1	2	2
Precisão	3	2	1
Posição inicial	3	2	1
Complexidade computacional	2	3	1

Como conclusão, podemos ver que cada aproximação discutida aqui tem as suas vantagens e desvantagens. A escolha depende do sistema em si e dos seus requisitos. Certos sistemas combinam várias destas técnicas [9, 21]. Por exemplo, o Indoor Maps da Google usa trilateração para calcular a posição do utilizador [22]. As diferenças entre trilateração e triangulação são que, a trilateração usa nos seus cálculos os comprimentos dos lados dos triângulos, enquanto a triangulação usa as amplitudes dos ângulos internos. A nível de precisão da posição do utilizador, a triangulação é mais precisa que a trilateração, embora necessite de *hardware* extra [23].

Na escolha da técnica, também se deve ter em conta o *hardware* já instalado no edifício. Analisando a Tabela 2.1, pode observar-se que a técnica sem fios é a mais cara, difícil de se instalar e manter, e mais exigente em recursos gastos. Contudo, um edifício que já tenha o *hardware*, necessário para esta técnica, instalado, torna a técnica sem fios mais aconselhável.

Com este *hardware*, podem-se usar as técnicas de triangulação ou de distribuição de sinal. Para espaços fechados, as técnicas de distribuição de sinal obtêm melhor resultado, ao passo que, para espaços abertos, é preferível recorrer às técnicas de triangulação [21].

2.2 Representação do ambiente

Nos sistemas de navegação interior, a forma mais comum de representação do ambiente é o mapa, em particular, a planta [24]. Se for usada uma planta 2D, pode-se representar salas ou espaços (por exemplo, com símbolos) e os caminhos disponíveis. No caso de uma representação 3D [25], pode-se obter outro tipo de informações, como por exemplo, altura das paredes e portas ou declive (de uma rampa, por exemplo).

Embora se consiga representar mais informação, gerar uma representação 3D torna a aplicação mais lenta. Contudo, com este tipo de representações, consegue-se usar algoritmos de deteção de objetos [26].

A representação do ambiente pode incluir ainda a indicação de locais específicos tais como, salas, casas de banho, saídas de emergências assim como outros elementos que ajudem a identificar o espaço (pontos de interesse) [27].

A informação necessária para a componente de representação pode ser guardada numa base de dados, local ou remota. Uma base de dados local pode ser mais simples de ser implementada e utilizada, já que não necessita que o sistema tenha uma ligação Wi-Fi. Contudo, caso seja necessário fazer alterações na base de dados, terá de se fazer em todas as cópias locais. Também, para dispositivos móveis com capacidade de armazenamento pequeno, não é aconselhado esta opção de armazenamento local. Se o sistema tiver ligação Wi-Fi, o uso de uma base de dados remota é o ideal. Todas as mudanças feitas na base de dados são propagadas automaticamente para a aplicação. A escolha entre usar uma base de dados local ou uma base de dados remota depende dos requisitos do projeto [9].

2.3 Cálculo de caminhos

O principal objetivo de um sistema de navegação é calcular o caminho entre dois pontos, normalmente a posição corrente e o destino pretendido. Esta componente pode ser usada, entre outras situações, também quando se pretende calcular caminhos alternativos, recalcular dinamicamente o caminho, conforme a posição do utilizador se vai alterando, ou caso este se desvie do caminho indicado.

Dependendo da topologia do edifício, o processo de calcular caminhos pode ser mais ou menos custoso/complexo. A maior parte dos algoritmos representa o ambiente através de grelhas [28] ou grafos [29]. Os grafos representam o ambiente através de nós interligados por arestas. Estes nós representam objetos, como zonas acessíveis ou obstáculos (parede, coluna, etc.), sendo que, um nó pode apenas representar um tipo de objeto. As grelhas dividem o ambiente em células mais pequenas.

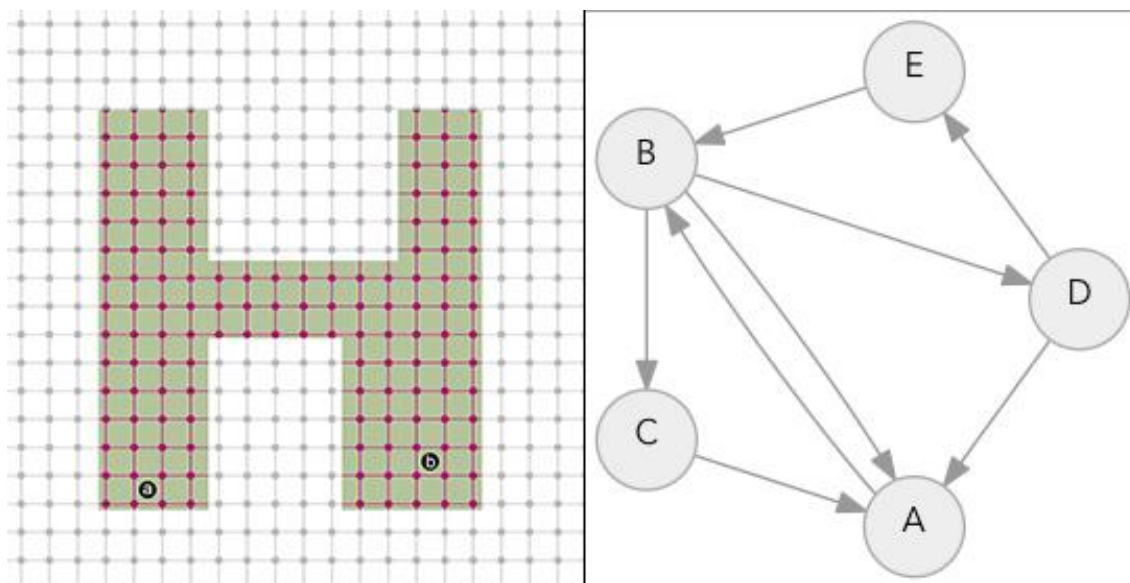


Figura 2.1 - Representação de uma grelha, do lado esquerdo, e de um grafo, do lado direito

A Figura 2.1 ilustra as diferenças entre grafos e grelhas. A utilização de um grafo pode ter vantagens sobre a grelha, e vice-versa, dependendo do número de objetos existentes no mapa e da sua disposição [9]. Numa grelha, como dividimos o mapa em nós, corre-se o risco de dividir de menos, e alguns nós conterem múltiplos objetos. Dividindo de mais, aumenta a complexidade da grelha e o tempo necessário para calcular caminhos. Num grafo, como não existe correlação entre o tamanho dos nós e o ambiente, os nós são criados, apenas, contendo um tipo de objeto, eliminando os problemas da grelha de obter-se vários objetos no mesmo nó. Dois nós, ainda assim, podem ter tipos de objetos iguais, mas não podem representar a mesma posição do ambiente. As arestas são criadas entre nós acessíveis entre si. Contudo, na presença de muitos objetos, o grafo pode-se tornar muito complexo, aumentando o tempo necessário para calcular caminhos.

Para além disto, um nó pode ter vários tipos de custos, impostos por quem apresenta o problema. Isto é útil em situações em que se quer analisar um caminho, não só pela distância, mas também por outros fatores.

No caso da grelha, o nó tem um valor que representa o custo de se movimentar para este nó. Por outro lado, no grafo, este custo está associado às arestas que ligam dois nós.

Existem muitos algoritmos que calculam caminhos recorrendo a grafos e grelhas. A grande diferença entre eles é a estratégia que usam para calcular o caminho mais curto. Dependendo da complexidade do ambiente, um algoritmo pode ser mais rápido que outro. Para tornar o cálculo de caminhos mais rápido, existem algoritmos que pré-processam a grelha ou o grafo, de modo a simplificá-los [30].

Os algoritmos mais usados neste tipo de sistemas são o algoritmo A* (lê-se A estrela, [31]) e o algoritmo *Dijkstra* [32]).

2.3.1 Algoritmo A*

O algoritmo A* tenta encontrar o caminho mais curto calculando todos os caminhos possíveis até ao objetivo. O algoritmo só pode ser usado em grafos com pesos, ou seja, grafos cujos nós ou ligações entre os nós tenham pesos.

No algoritmo A* começa-se com dois conjuntos de nós: conjunto de nós analisados, que no início está vazio, e o conjunto dos nós por analisar, que no início tem apenas o nó inicial. Também temos um *array*, uma variável, onde construímos o caminho até ao objetivo.

Começando o algoritmo, do conjunto de nós por analisar, escolhemos o que tem maior valor f , que é a soma entre o custo de ir do nó inicial ao nó atual (0 no início), e a estimativa heurística, ou estimativa do custo, de ir do nó atual ao nó objetivo. No caso do nó atual ser o nó do objetivo, devolve-se o *array* com o caminho. Caso contrário, retira-se o nó atual do conjunto de nós por analisar, insere-se o mesmo nó no conjunto de nós analisados e calculam-se os descendentes do nó atual. A cada descendente do nó atual, que ainda não tenha sido visitado, aplica-se o algoritmo A*, de novo.

```
frontier = PriorityQueue()
frontier.put(start, 0)
came_from = {}
cost_so_far = {}
came_from[start] = None
cost_so_far[start] = 0
while not frontier.empty():
    current = frontier.get()
    if current == goal:
        break
    for next in graph.neighbors(current):
        new_cost = cost_so_far[current] + graph.cost(current, next)
        if next not in cost_so_far or new_cost < cost_so_far[next]:
            cost_so_far[next] = new_cost
            priority = new_cost + heuristic(goal, next)
            frontier.put(next, priority)
            came_from[next] = current
```

Listagem 2.1 – Pseudocódigo do algoritmo A*, baseado em [31]

2.3.2 Algoritmo Dijkstra

O algoritmo Dijkstra é um caso particular do algoritmo A*. O funcionamento é semelhante, mas com a diferença que o valor de f não tem em conta a estimativa heurística, é só o custo de ir do nó inicial ao nó atual.

Este algoritmo é uma boa alternativa ao algoritmo A*, no caso da estimativa heurística do algoritmo A* ser má.

```

frontier = PriorityQueue()
frontier.put(start, 0)
came_from = {}
cost_so_far = {}
came_from[start] = None
cost_so_far[start] = 0
while not frontier.empty():
    current = frontier.get()
    if current == goal:
        break
    for next in graph.neighbors(current):
        new_cost = cost_so_far[current] + graph.cost(current, next)
        if next not in cost_so_far or new_cost < cost_so_far[next]:
            cost_so_far[next] = new_cost
            priority = new_cost
            frontier.put(next, priority)
            came_from[next] = current

```

Listagem 2.2 – Pseudocódigo do algoritmo Dijkstra [32]

2.3.3 Preferências do utilizador

Um sistema de navegação deve conseguir responder a todas as necessidades e preferências do utilizador. Por vezes, um utilizador pode não querer que certa informação seja disponibilizada. Ou, pelo contrário, certos utilizadores precisam de informação extra.

Bia et al. propõem um algoritmo A* personalizado [33] que, em vez de devolver o caminho mais curto, devolve o caminho que inclui sítios mais interessantes para o utilizador.

O cálculo de caminhos, também, está dependente das capacidades motoras do utilizador. Um caminho pode-se tornar inviável se apresentar escadas ou outro tipo de barreira arquitetónica [34]. Normalmente, esta preferência do utilizador afeta o algoritmo antes do cálculo dos caminhos, de modo a evitar cálculos extras, ou mesmo até, pedir novos caminhos. Koide et al. propõem uma solução [16] em que o peso dos nós que representam as barreiras arquitetónicas é alterado para um valor bastante alto no caso de o utilizador ter mobilidade reduzida. Desta maneira, caminhos que incluam estas barreiras serão excluídos, a não ser que sejam o único caminho possível.

2.4 Interação com o utilizador

Para haver trocas de informação entre o sistema e o utilizador é preciso haver interação entre estes. Existem três maneiras diferentes [9] do sistema interagir com o utilizador:

— Visual

O sistema representa graficamente a planta [27], o caminho a fazer, através de setas ou linhas, a localização do utilizador, entre outras informações. Na Figura 2.2 pode-se ver o Google Maps, um sistema que usa este tipo de abordagem.

Visualmente, a informação apresentada pode ser mais facilmente comparada com a realidade e é mais fácil apresentar grande quantidade de informação. Contudo, guardar e apresentar este tipo de informação é muito exigente, quer para o sistema, quer para a máquina em que o sistema vai correr.



Figura 2.2 - Visualização de dois pisos diferentes de um edifício no Google Maps (a escolha do piso a visualizar é efetuada no canto inferior direito da interface).

– **Auditiva**

Instruções por áudio [35] são mais fáceis de serem guardadas e processadas. Contudo, estas instruções dependem muito da linguagem natural do utilizador e, instruções longas, dificilmente conseguem ser seguidas.

Para orientar o utilizador, o sistema converte o caminho calculado em instruções “faladas” que são dadas ao utilizador. A quantidade de informação transmitida ao utilizador pode afetar a sua capacidade cognitiva, pois o utilizador pode não conseguir processar muitas instruções num curto espaço de tempo. Por outro lado, dar poucas instruções, ou dar instruções a um ritmo demasiado lento, pode tornar o sistema menos eficiente.

– **Tátil**

Instruções pelo tato podem ser uma alternativa para pessoas que tenham algum tipo de deficiência visual ou auditiva, ou simplesmente em situações em que o utilizador não pode olhar para o dispositivo [36]. A distância entre o utilizador e o destino pode ser dada por diferentes intensidades de vibração de um dispositivo. Obviamente, que esta técnica requer treino adicional prévio por parte dos utilizadores e pode recorrer a *hardware* extra (como luvas ou outro tipo de atuadores).

Como cada um destes processos tem as suas desvantagens, alguns sistemas combinam dois processos para facilitar a tarefa do utilizador.

No sentido oposto (utilizador-sistema), em dispositivos móveis, a interação é feita através do ecrã tátil e dos botões incorporados no sistema. Para situações de emergência ou para pessoas com dificuldades físicas (motoras ou visuais) que não consigam usar o dispositivo da maneira tradicional, existe a possibilidade de usar comandos de voz para interagir com o sistema, recorrendo a algoritmos de reconhecimento da fala [35]. Embora, desta maneira a interação seja mais natural e rápida, a sua qualidade está muito dependente de interferências exteriores, como por exemplo, o barulho de fundo do ambiente ou de conversas simultâneas entre pessoas.

2.5 Conclusões

De acordo com Fallah et al. [9], os sistemas de navegação interior são compostos por quatro componentes principais: (1) localização do utilizador; (2) representação do ambiente; (3) cálculo de caminhos (4) e interação com o utilizador. Neste capítulo, apresentaram-se as principais técnicas e algoritmos utilizados por cada uma das componentes, tendo ainda sido discutidas as suas vantagens e desvantagens.

No entanto, os utilizadores com mobilidade reduzida apresentam requisitos específicos, aos quais, os sistemas de navegação interior apenas respondem de forma limitada, tipicamente, calculando caminhos sem escadas.

No capítulo, seguinte apresentamos a análise de requisitos para um sistema de navegação interior para utilizadores com mobilidade reduzida, na qual baseámos a solução apresentada nesta tese.

Capítulo 3

w4all: análise de requisitos

Com o sistema w4all pretende-se apresentar uma solução de navegação interior, que responda aos requisitos dos utilizadores sem restrições de mobilidade, assim como, dos utilizadores com mobilidade reduzida. Neste capítulo são apresentados os resultados da análise de requisitos funcionais, distinguindo os requisitos de ambos os tipos de utilizadores, e incluindo, também, os requisitos não funcionais da aplicação. Adicionalmente, foram identificados os pontos de interesse e as barreiras arquitetónicas do edifício para o qual foi desenvolvido o w4all.

3.1 Objetivos

O sistema w4all é um sistema de navegação interior para um edifício de quatro pisos com 23,992 m² de um campus universitário, o edifício C6 da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (Figura 3.1). Este sistema pretende, também, responder aos requisitos de navegação dos utilizadores com mobilidade reduzida.



Figura 3.1 - Edifício C6 da Faculdade de Ciências

3.2 Processo de desenvolvimento

O processo de desenvolvimento de *software* escolhido para o sistema w4all foi o processo iterativo e incremental [37]. Aplicando este processo, um *software* é desenvolvido através de vários ciclos (iterativo) nos quais são efetuados incrementos (incremental), tirando partido da experiência e da avaliação das iterações anteriores (Figura 3.2).

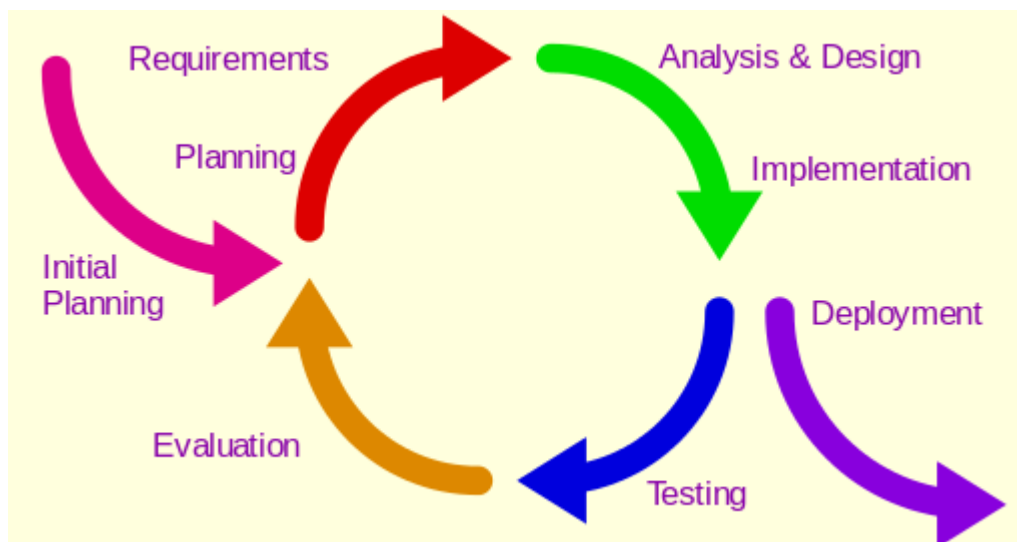


Figura 3.2 - Diagrama do modelo do Processo Iterativo e Incremental

Em cada iteração é criada uma nova versão da aplicação, com novas funcionalidades, que é avaliada pelos utilizadores. Este processo é repetido até que se obtenha uma versão final da aplicação com os resultados desejados.

O desenvolvimento do sistema w4all incluiu dois grandes ciclos. Durante o primeiro ciclo do processo de desenvolvimento, foi criado um protótipo da aplicação, apenas com as funcionalidades essenciais. Este protótipo foi testado no contexto real da aplicação por dois utilizadores que não usam frequentemente o edifício, de modo a que dependessem totalmente da aplicação para se deslocarem no edifício. Os testes a este protótipo foram, também, efetuados por um terceiro utilizador perito em interfaces pessoa-máquina.

Os resultados dos testes do primeiro protótipo da aplicação foram utilizados na fase seguinte, na qual se adicionaram funcionalidades à aplicação e se fizeram melhorias à interface. O Capítulo 5 detalha as avaliações do primeiro e do segundo protótipo.

3.3 Levantamento e análise de requisitos

O levantamento e a análise de requisitos do sistema w4all foram efetuados recorrendo à análise dos trabalhos relacionados e aos resultados das reuniões iniciais do projeto, onde participaram alguns dos *stakeholders* identificados nesta secção.

3.3.1 *Stakeholders*

Nesta secção são identificados os diferentes tipos de *stakeholders* envolvidos no desenvolvimento do sistema, nomeadamente, os *stakeholders* não-utilizadores e os *stakeholders* utilizadores.

a) *Stakeholders* não-utilizadores

Os *stakeholder* não-utilizadores incluem as pessoas diretamente envolvidas no desenvolvimento do projeto, assim como as pessoas da Universidade de Minho que nos disponibilizaram a aplicação Where@UM. Estes *stakeholders* são enumerados de seguida:

- Dulce Domingos, Ana Paula Cláudio, professoras orientadoras do trabalho de mestrado;
- Diogo Pereira Henriques, Mestre em Arquitetura pela Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, participou nas reuniões iniciais do trabalho, nas quais foi efetuado o levantamento de requisitos.
- Adriano Moreira, professor da Universidade do Minho e orientador da tese, no contexto da qual foi desenvolvida a aplicação Where@UM;

- Diogo Matos, mestre em Engenharia de Comunicações pela Universidade do Minho, que desenvolveu a aplicação Where@UM numa tese sob orientação do Professor Adriano Moreira;
- Pedro Cardoso: estudante que desenvolveu o sistema w4all.

b) Stakeholders utilizadores

O sistema w4all tem como objetivo responder aos requisitos dos utilizadores com mobilidade reduzida, sem descuidar os requisitos dos utilizadores sem restrições de mobilidade.

3.3.2 Requisitos do sistema w4all

O levantamento de requisitos do sistema w4all inclui os requisitos funcionais e os requisitos não funcionais. Nos requisitos funcionais são apresentados separadamente os requisitos dos utilizadores sem restrições de mobilidade e os requisitos dos utilizadores com mobilidade reduzida.

a) Requisitos funcionais dos utilizadores sem restrições de mobilidade

O principal objetivo de um sistema de navegação interior é ajudar os utilizadores a encontrar um caminho (o melhor caminho) para um determinado destino. A este objetivo estão inerentes as seguintes funcionalidades principais:

- Apresentar ao utilizador a informação sobre a sua localização - a localização do utilizador deve ser determinada de forma automática e atualizada periodicamente. A aplicação deve apresentar uma representação gráfica do espaço que permita ao utilizador construir mentalmente um modelo desse espaço e orientar-se dentro dele. Nesta representação devem ser assinalados pontos de interesse, que desempenham um papel importante na orientação dos utilizadores.
- Calcular o melhor caminho – entre a localização corrente do utilizador, calculada automaticamente pela aplicação, e o destino escolhido pelo utilizador.

Adicionalmente, tendo em conta que o edifício tem vários pisos, o sistema deve incluir a seguinte funcionalidade:

- Escolher o piso a ser representado pela aplicação.

b) Identificação de pontos de interesse

Designamos por pontos de interesse os pontos do edifício e do espaço envolvente que constituem referências que ajudam as pessoas a orientar-se no espaço (uma escultura, por exemplo) ou um espaço importante, ou muito frequentado (uma casa de banho, a secretaria de um departamento, por exemplo). Para identificar os pontos de interesse do edifício C6, foi efetuado um levantamento junto de utilizadores habituais deste edifício. A cada um destes utilizadores foi fornecido um conjunto de 4 plantas, uma por cada piso do edifício e foi-lhes solicitado que identificassem os pontos pelos quais costumam passar/usar diariamente (incluindo escadas e elevadores) e os que usam com menos frequência (por exemplo 1 ou 2 vezes por semana ou quinzenalmente). Os pontos mais referidos foram incluídos na representação gráfica da interface. Na mesma altura, solicitou-se aos utilizadores que traçassem um caminho entre dois pontos do edifício. Os seus desenhos foram observados e ajudaram a decidir quais as representações mais adequadas para este efeito.

c) Requisitos funcionais de utilizadores com mobilidade reduzida

O levantamento dos requisitos funcionais para um sistema de navegação interior, considerando as restrições dos utilizadores com mobilidade reduzida, foi efetuado através da análise do trabalho relacionado e tendo em conta a experiência do estudante que desenvolveu o sistema w4all e que se desloca em cadeira de rodas.

A análise do trabalho relacionado permitiu concluir que Dzafi et al. [34] apresentam o trabalho mais abrangente sobre requisitos de utilizadores com mobilidade reduzida para este tipo de sistemas. Os autores referidos classificam estes requisitos como permanentes vs. temporários e absolutos vs. mitigáveis. Requisitos permanentes estão relacionados com barreiras que permanecem inalteradas

durante muito tempo, enquanto requisitos temporários correspondem a barreiras temporárias. Requisitos absolutos são aplicados a barreiras que não podem ser ultrapassadas, ao contrário dos requisitos mitigáveis, que são aplicados a barreiras que podem ser ultrapassadas com a ajuda de terceiros.

De seguida, são apresentados os requisitos dos utilizadores com mobilidade reduzida agrupados de acordo com a classificação de Dzafi et al.:

Requisitos permanentes e absolutos associados a elementos arquitetónicos do edifício:

- Escadas: o cálculo de caminhos deve ter em conta o tipo de mobilidade do utilizador, no sentido de evitar escadas ou degraus, preferindo caminhos que passem por rampas e/ou elevadores. Adicionalmente, o sistema deve apresentar todas as informações sobre as escadas, incluindo a altura e o número de degraus. Salienta-se que, enquanto um número significativo de degraus constitui uma barreira intransponível para um utilizador com mobilidade reduzida, um degrau com pouca altura pode corresponder a um requisito mitigável.
- Rampas: O cálculo de caminhos, também, deve ter em conta a inclinação máxima das rampas. Tal como no caso das escadas, a informação sobre as rampas deve ser apresentada ao utilizador.
- Largura das portas: os caminhos calculados não devem incluir portas demasiado estreitas, incluindo portas de elevadores. A informação sobre a largura das portas, também, deve ser apresentada aos utilizadores.

Requisitos permanentes e mitigáveis:

- Portas automáticas: a existência de portas automáticas implica identificar o seu mecanismo de aberturas (se a porta se abre através de um botão, pode ser um problema, dependendo da posição do botão) e durante quanto tempo a porta fica aberta. Sendo um requisito mitigável, um utilizador pode usar estas portas com assistência de terceiros. Caso contrário, o cálculo de caminhos deve evitá-las. Tal como nos requisitos anteriores, a informação sobre estas portas deve ser apresentada ao utilizador;
- Portas não-automáticas: este tipo de portas requer a avaliação da força necessária para as abrir, assim como, em que direção abrem. Na prática, este tipo de portas tem requisitos semelhantes às portas automáticas;
- Portas rotativas: estas portas não devem fazer parte de caminhos sugeridos a utilizadores com mobilidade reduzida. A informação sobre este tipo de portas também deve ser apresentada ao utilizador;
- Elevadores de escadas: tendo em conta que este tipo de elevadores, normalmente, precisa de uma chave especial ou de assistência de um funcionário, esta informação deve ser apresentada previamente, para evitar atrasos;
- Casas de banhos para pessoas com mobilidade reduzida: Todas as casas de banho para pessoas com mobilidade reduzida devem ser representadas de maneira diferente das casas de banho normais.
- Saídas de emergência e zonas dos seguranças: a informação sobre saídas de emergência e zonas dos seguranças deve ser apresentada ao utilizador. Adicionalmente, o sistema deve incluir uma funcionalidade que permita pedir o caminho para a zona dos seguranças mais próxima.

Requisitos temporários e absolutos:

- Elevadores: A disponibilidade dos elevadores deve ser representada de maneiras diferentes, caso estejam a funcionar ou não. Os caminhos calculados devem excluir elevadores que não estejam a funcionar. O sistema deve incluir uma funcionalidade adicional que permita obter um caminho alternativo, que possa ser usada caso o caminho sugerido inclua um elevador que se verifica ser não funcional;
- Localização de utilizadores com mobilidade reduzida: numa situação de emergência, o sistema pode disponibilizar informação sobre a localização de utilizadores com mobilidade reduzida que necessitam de assistência para sair do edifício.

Requisitos temporários e mitigáveis:

- Horário de portas: O cálculo de caminhos deve ter em conta quais as portas que estão abertas num determinado momento do dia.

Considerando que se pretende que o sistema seja utilizado por dois tipos de utilizadores, este deve dispor funcionalidades personalizadas para cada tipo de mobilidade, apresentando, assim, os seguintes requisitos adicionais:

- Permitir escolher entre dois tipos alternativos de mobilidade: normal e reduzida.

d) Identificação de barreiras arquitetónicas

Tendo em conta os requisitos dos utilizadores com mobilidade reduzida para um sistema de navegação interior, é necessário analisar o ambiente para o qual o sistema vai ser desenvolvido e identificar as suas barreiras arquitetónicas. A lista seguinte enumera a informação que é necessário obter:

- Escadas: número e altura dos degraus, de forma a poder-se distinguir requisitos absolutos de mitigáveis;
- Rampas: inclinação das rampas, de forma a distinguir-se rampas com excesso de inclinação de rampas devidamente concebidas para utilizadores com mobilidade reduzida;
- Portas: largura das portas, incluindo as portas de elevadores;
- Portas automáticas: localização dos botões e o tempo que a porta fica aberta;
- Portas não-automáticas: força das portas e a direção de abertura;
- Elevadores de escadas: localização da chave e do funcionário;
- Localização de portas rotativas, casas de banho para pessoas com mobilidade reduzida, saídas de emergência, zonas fixas dos funcionários da segurança e elevadores;
- Horário de abertura das portas.

Salienta-se que este estudo tem de ser feito no local e preferencialmente com a colaboração de um utilizador com mobilidade reduzida, já que há barreiras que são quase imperceptíveis para utilizadores sem restrições de mobilidade.

e) Identificação de barreiras arquitetónicas do edifício C6

A identificação das barreiras do ambiente do sistema w4all, o edifício C6 da FCUL, teve por base a lista apresentada na subsecção anterior e contou com a colaboração do *stakeholder* do projeto que se desloca em cadeira de rodas. Os resultados deste estudo são apresentados de seguida:

- Escadas: as escadas são inacessíveis para utilizadores com mobilidade reduzida, já que têm demasiados degraus. O C6 tem escadas interiores e escadas exteriores.
- Rampas: as rampas foram construídas especialmente para utilizadores com cadeiras de rodas em alternativa às escadas exteriores, tendo assim inclinação adequada;
- Portas: as portas das salas e dos elevadores têm uma largura adequada para cadeiras de rodas;
- Portas automáticas: estas portas existem apenas nos elevadores; o seu tempo de abertura é adequado assim como a localização dos botões do elevador;
- Portas não-automáticas: as portas para o exterior do edifício são não-automáticas, difíceis de abrir para pessoas com mobilidade reduzida. Uma dessas portas está perto do posto fixo dos funcionários da segurança do edifício, os quais podem oferecer assistência;
- Elevadores de escadas: o edifício não possui elevadores de escadas;
- O edifício não possui portas rotativas. Foram identificadas todas as casas de banho para pessoas com mobilidade reduzida. Identificou-se um problema com as saídas de emergência, visto que os seus acessos incluem degraus, tornando estas saídas inacessíveis para utilizadores com mobilidade reduzida. Foi identificada a localização do posto fixo dos funcionários da segurança, junto a um dos acessos do edifício;
- Horário de abertura das portas: das oito da noite às oito da manhã e aos fins-de-semana, apenas uma porta de entrada no edifício está aberta, a que fica junto ao posto fixo dos seguranças.

f) Requisitos não funcionais

Foram identificados os seguintes requisitos não funcionais para o sistema w4all:

- Desempenho: visto que se pretende considerar uma solução de resposta em tempo-real, exige-se que o sistema responda aos diferentes pedidos do utilizador, dentro de um curto período de tempo;
- Usabilidade: o sistema deve fornecer uma interface gráfica simples e intuitiva ao utilizador;
- Funcionalidade: os elementos representados pela aplicação, tais como, caminhos pedidos, destinos e tipo de mobilidade escolhidos, e pisos que se querem visualizar, devem obedecer ao *input* inserido no sistema pelo utilizador;
- Portabilidade: o sistema deve ser fácil de integrar e correr em diferentes ambientes, quer ao nível de *hardware*, quer ao nível de *software*;
- Extensibilidade: o sistema deve suportar a capacidade de incorporar novas funcionalidades e modelos de edifícios, para poder facilmente ser adaptado a outros espaços interiores;
- Restrições de execução: o sistema deve correr em ambiente Android. A aplicação deve ser instalada em Tablets, preferencialmente, com um ecrã de 7 polegadas;
- Restrição de custo: o sistema deve ser desenvolvido minimizando, ao máximo, o custo de aquisição de ferramentas e recursos, utilizando, tanto quanto possível, *software* de domínio público, ou versões gratuitas de software proprietário.

g) Análise de requisitos

Com base nos requisitos funcionais apresentados neste capítulo, identificaram-se os requisitos de cada uma das quatro componentes de um sistema de navegação interior. A Tabela 3.1 enumera estes requisitos para o caso concreto do edifício C6. Cada requisito é classificado como essencial (E) ou complementar (C), distinguindo, respetivamente, funcionalidades que têm de estar presentes de funcionalidades opcionais. No caso de se considerar apenas parte do requisito como essencial, utiliza-se a classificação (E/C). A classificação não aplicável (N/A) é utilizada para requisitos que não se aplicam a este edifício.

No caso dos elevadores, é possível determinar o estado dos elevadores monitorizando a localização dos utilizadores. Caso um utilizador utilize a funcionalidade de obter um caminho alternativo estando localizado perto de um elevador, pode-se concluir que este elevador deixou de estar a funcionar. Por outro lado, caso a localização de um utilizador mude do átrio de um elevador num piso para outro piso sem passar pelas escadas, pode-se concluir que o elevador está a funcionar. Consequentemente, foi incluído o requisito “Determinar o estado dos elevadores” na componente “Localização do utilizador”.

Tabela 3.1 - Requisitos do sistema w4all relativos ao edifício C6 da FCUL (Legenda: E-essencial; C-complementar; E/C- parcialmente essencial; N/A-não se aplica)

	Localização do utilizador	Cálculo dos caminhos	Representação do ambiente	Interação com o utilizador
Apresentar ao utilizador a informação sobre a sua localização				
	Determinar localização do utilizador (E)		Representar localização do utilizador (E) Representar ambiente (E) Representar pontos de interesse (E)	Apresentar localização do utilizador (E) Apresentar ambiente (E) Apresentar pontos de interesse (E)
Calcular o melhor caminho				
	Determinar localização do utilizador (E)	Calcular caminho (E)	Representar o melhor caminho (E)	Selecionar destino (E) Obter melhor caminho (E) Apresentar melhor caminho (E)
Escolher o piso a ser representado pela aplicação				
	Determinar o piso do utilizador (E)			Selecionar piso (E) Apresentar piso (E)
Escadas				
		Calcular caminhos sem escadas (E)	Representar informação sobre escadas (E/C)	Apresentar informação sobre escadas (E/C)
Rampas				
		Calcular caminhos sem rampas demasiado inclinadas (N/A)	Representar informação sobre rampas (E/C)	Apresentar informação sobre rampas (E/C)
Largura das portas				
		Calcular caminhos sem portas estreitas (N/A)	Representar informação sobre largura de portas (N/A)	Apresentar informação sobre largura de portas (N/A)
Portas automáticas				
		Calcular caminhos sem portas automáticas com botões inacessíveis ou com tempos de abertura pequenos (N/A)	Representar informação sobre portas automáticas (acessibilidade de botões e tempos de abertura) (C)	Apresentar informação sobre portas automáticas (acessibilidade de botões e tempos de abertura) (C)
Portas não-automáticas				
		Calcular caminhos sem portas não-automáticas de difícil abertura (N/A)	Representar informação sobre portas não-automáticas (C)	Apresentar informação sobre portas não-automáticas (C)

Portas rotativas				
		Calcular caminhos sem portas rotativas (N/A)	Representar informação sobre portas rotativas (N/A)	Apresentar informação sobre portas rotativas (N/A)
Elevadores de escadas				
			Representar informação sobre elevadores de escadas (N/A)	Apresentar informação sobre elevadores de escadas (N/A)
Casas de banhos para pessoas com mobilidade reduzida				
			Representar informação sobre casas de banhos para pessoas com mobilidade reduzida (E)	Apresentar informação sobre casas de banhos para pessoas com mobilidade reduzida (E)
Saídas de emergência e zonas de seguranças				
			Representar informação sobre saídas de emergência e zonas de seguranças (E)	Apresentar informação sobre saídas de emergência e posto fixo dos funcionários da segurança (E) Obter caminho para posto fixo dos funcionários da segurança mais próxima (E)
Elevadores				
	Determinar o estado dos elevadores (C)	Calcular caminhos sem elevadores que não estejam a funcionar (C) Calcular caminhos alternativos (E)	Representar informação sobre elevadores (E/C)	Obter caminhos alternativos (E)
Localização de utilizadores com mobilidade reduzida				
	Determinar localização de utilizadores com mobilidade reduzida (C)			Apresentar localização de utilizadores com mobilidade reduzida (C)
Horário de portas				
		Calcular caminhos tendo em conta o horário de abertura das portas (E)	Representar o horário de abertura das portas (C)	Apresentar o horário de abertura das portas (C)

Tipo de mobilidade				
		Calcular caminho de acordo com o tipo de mobilidade do utilizador (E)		Selecionar o tipo de mobilidade do utilizador (E) Apresentar informação do ambiente de acordo com o tipo de mobilidade (E)

3.4 Conclusões

Neste capítulo foram apresentados os resultados do levantamento e da análise de requisitos do sistema w4all. Este tipo de sistemas apresenta especificidades que dependem do edifício para o qual são desenvolvidos. Deste modo, foram identificados os pontos de interesse do edifício e as suas barreiras arquitetónicas. Excetuando estes estudos, os requisitos identificados neste capítulo não são específicos ao sistema w4all, podendo ser reusados no desenvolvimento de outro sistema de navegação interior para utilizadores com ou sem mobilidade reduzida. O capítulo seguinte descreve a arquitetura e o desenho do sistema w4all.

Capítulo 4

Arquitetura e desenho do w4all

O sistema w4all tem o objetivo de ajudar os utilizadores a navegarem no espaço interior de um edifício, calculando e apresentando graficamente o caminho para um determinado destino escolhido. A solução apresentada tem em conta as barreiras arquitetónicas que o edifício possa ter para pessoas com mobilidade reduzida, horários de abertura das principais entradas e a necessidade de procura de caminhos alternativos, na situação em que, por exemplo o utilizador se depara com um elevador avariado no percurso que lhe tinha sido sugerido pela aplicação. As barreiras arquitetónicas fazem com que um determinado edifício possa ser usado de maneira diferente por um utilizador, dependendo do seu tipo de mobilidade. Logo, o percurso sugerido é diferente para cada tipo de mobilidade.

Na Figura 4.1 é apresentada uma vista geral da interface do sistema w4all, cujos detalhes são descritos ao longo deste capítulo.

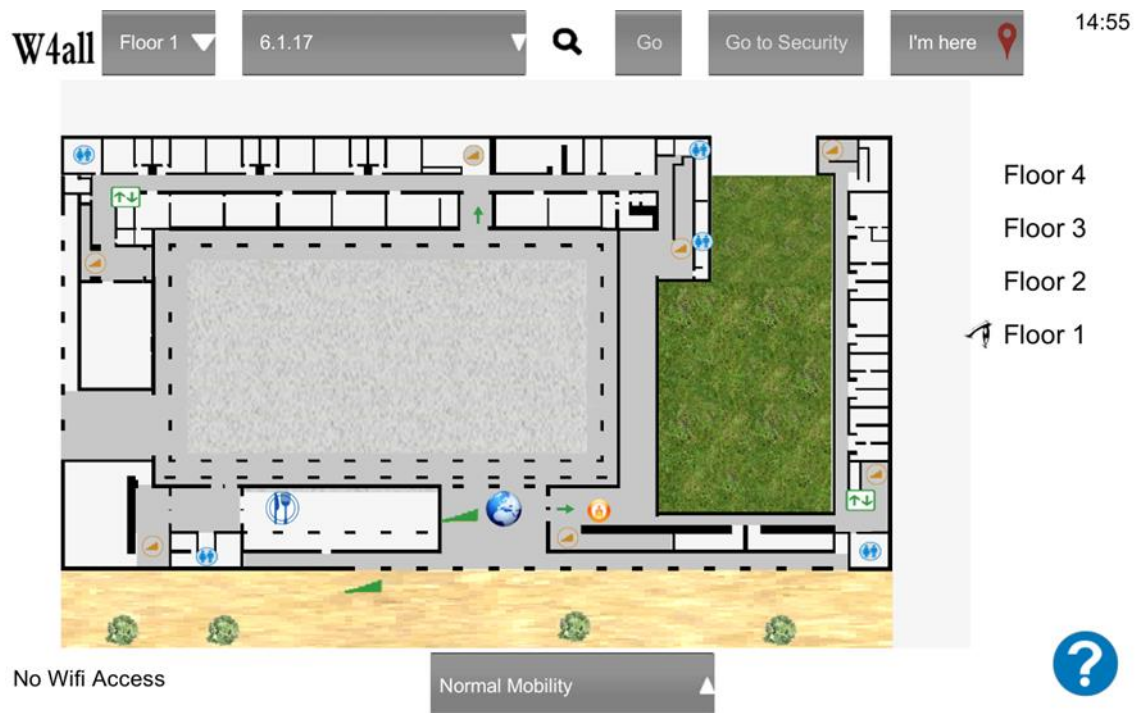


Figura 4.1 - Interface do sistema w4all

4.1 Arquitetura do sistema w4all

O sistema w4all utiliza o modelo cliente-servidor, conforme ilustrado na Figura 4.2. O utilizador interage com o sistema através de uma aplicação cliente. A aplicação cliente comunica com o servidor w4all através do protocolo HTTP. A informação do sistema é guardada numa base de dados, a qual é acedida através do respetivo servidor. Esta base de dados inclui, por exemplo, as *fingerprints* e a localização das salas e de outros pontos de interesse. As *fingerprints* introduzidas na base de dados são obtidas através de uma aplicação cliente designada por Where@UM [4].

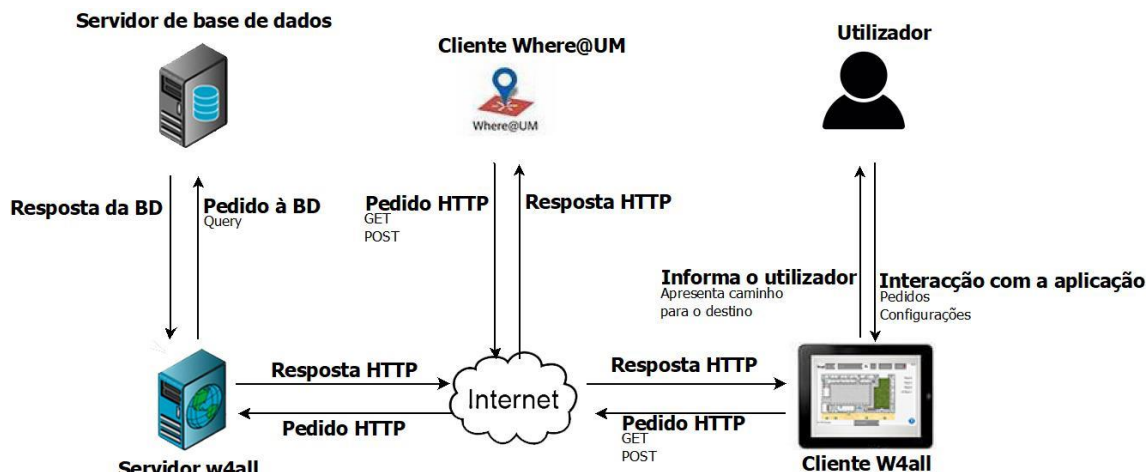


Figura 4.2 – Arquitetura do sistema w4all

4.2 Localização do utilizador

No sistema w4all, a localização do utilizador é determinada através de *fingerprints* Wi-Fi. Esta opção deve-se ao facto de existir no edifício um conjunto de pontos de acesso (access points em inglês, ou AP) já instalados, que pertencem à rede eduroam (*roaming* educacional), o que se revela vantajoso por não aumentar os custos da solução. Adicionalmente, em espaços fechados, as técnicas que usam *fingerprints* obtêm melhores resultados do que as técnicas baseadas em triangulação [38].

Embora existam muitos outros APs no edifício que não são desta rede, o sistema w4all ignora-os, porque eles não são permanentes. Cada AP da eduroam simula dois APs (APs virtuais) que o w4all usa em conjunção, uma técnica que reduz erros de localização [9].

Na base de dados foram inseridas *fingerprints* obtidas perto das portas de cada sala, assim como nas intersecções de corredores, escadas, perto de elevadores e pontos de interesse. Para realizar esta tarefa, foi usada a aplicação Where@UM [4], desenvolvida na Universidade do Minho pelo grupo do Professor Adriano Moreira.

A Figura 4.3 apresenta o modelo de dados da base de dados, que guarda a informação das *fingerprints* e do seu correspondente espaço (localização) no edifício.

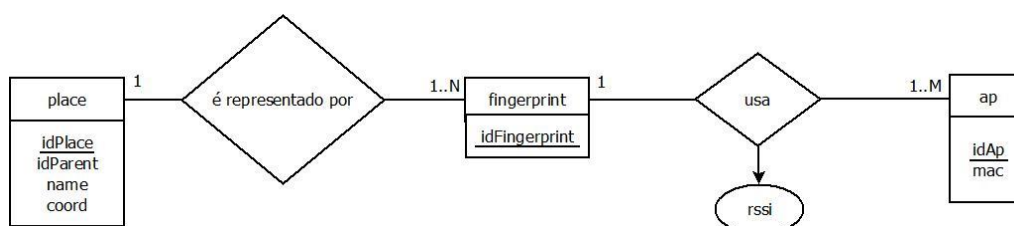


Figura 4.3 - Modelo de dados da base de dados

Na base de dados, um espaço (*place* em inglês) é representado pelos seguintes campos:

- *idPlace*: um número que identifica um espaço, univocamente;
- *idParent*: o número identificador do espaço “pai”, que corresponde ao piso, no qual se encontra o espaço;
- *name*: o nome do espaço;
- *coord*: as coordenadas 3D no espaço da planta da aplicação w4all;

Uma *fingerprint* está ligada a um espaço pelo campo *idPlace*. Da mesma maneira, um AP está ligado a uma *fingerprint* pelo campo *idFingerprint*. Na base de dados, chamamos de AP ao sinal que um determinado ponto de acesso tem em determinado momento.

Um espaço pode ter uma ou mais *fingerprints*. Da mesma maneira, uma *fingerprint* pode ter vários APs. Contudo, pela descrição de AP na base de dados, um AP só pode pertencer a uma *fingerprint* e uma *fingerprint* só pode pertencer a um espaço. Um AP é representado pelos seguintes campos:

- *idAp*: um número, identificador único, que identifica o AP;
- *mac*: o endereço físico (mac address) deste AP;
- *rssi*: um número que representa a força de sinal do AP no dispositivo móvel;

Para determinar a localização do utilizador é usada a distância de Manhattan [39], a qual compara *fingerprints* da localização corrente com as guardadas na base de dados.

Nalgumas áreas do edifício, as *fingerprints* Wi-Fi não são suficientes para obter uma localização precisa dos utilizadores, devido ao reduzido número de APs ao alcance dos dispositivos. Apenas são consideradas *fingerprints* com, pelo menos, cinco APs (incluindo os APs virtuais), assegurando-se, assim, que cada *fingerprint* tem, pelo menos, três APs diferentes (APs físicos). Sem esta restrição, o cálculo da localização do utilizador é propenso a erros e, consequentemente, a informação dada ao utilizador pode ser enganadora. Contudo, esta opção não compromete o sistema de navegação, já que as intersecções de corredores têm *fingerprints* Wi-Fi suficientes e apenas alguns corredores do edifício é que apresentam um número de *fingerprints* Wi-Fi insuficientes. Deste modo, quando o sistema não consegue obter a localização corrente do utilizador, apresenta informação sobre a última localização conhecida (a Figura 4.4 apresenta um cenário em que foi determinada a localização corrente do utilizador, ao contrário do cenário ilustrado na Figura 4.5, na qual é apresentada a informação sobre a última localização conhecida).



Figura 4.4 – Cenário em que foi possível determinar a localização corrente do utilizador

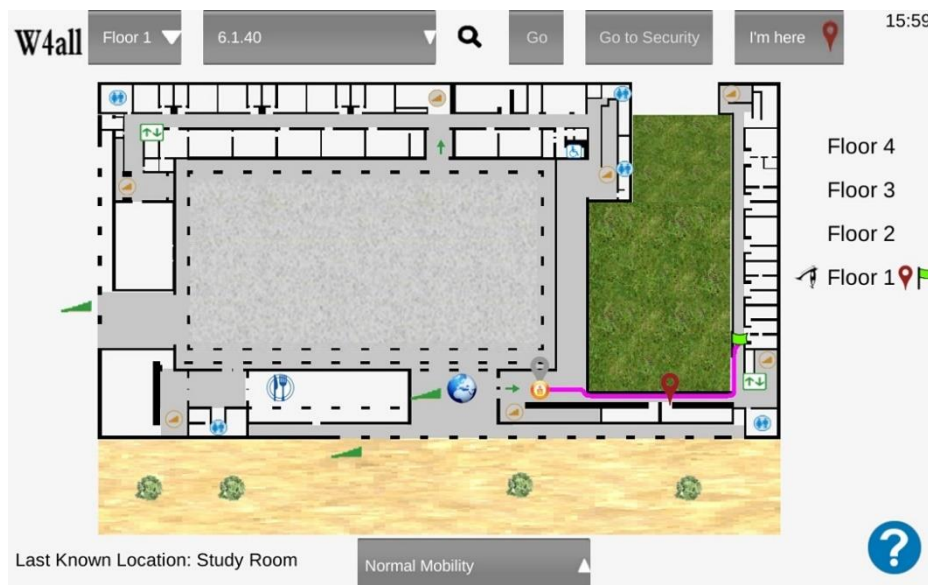


Figura 4.5 – Cenário em que não foi possível determinar a localização corrente do utilizador

4.3 Representação do ambiente

Na representação do ambiente foram utilizadas projeções ortográficas de topo (plantas) de cada um dos pisos do edifício, obtidas a partir das plantas usadas para a construção do edifício (Figura 4.6).

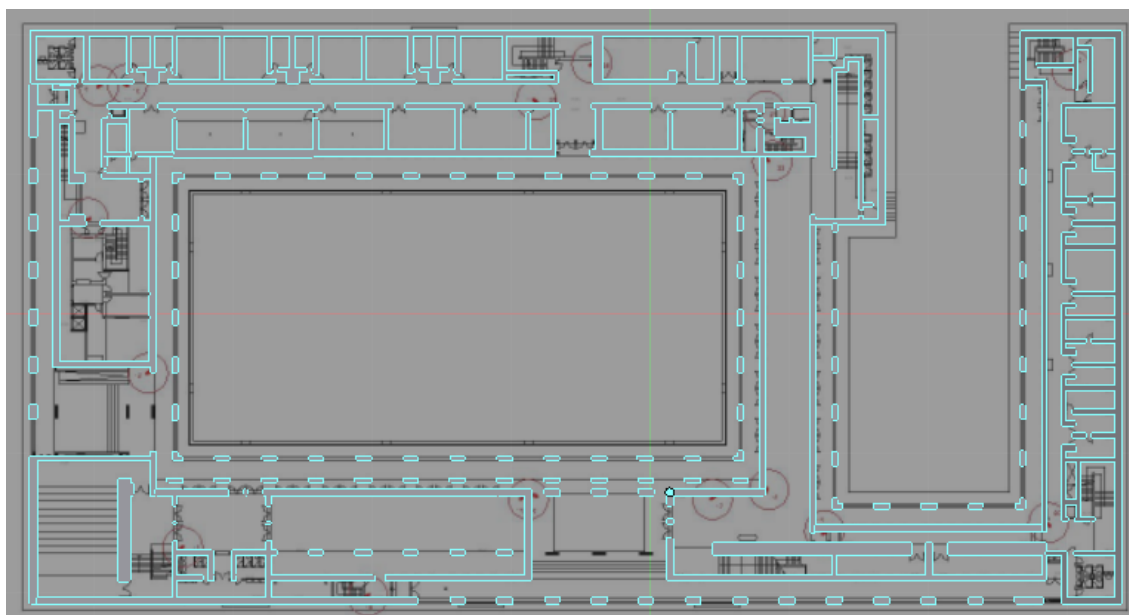


Figura 4.6 – Planta do piso 1

Os pontos de interesse do edifício foram identificados através de questionários efetuados a pessoas com mobilidade normal que frequentam regularmente o edifício. Para este edifício foram identificados os seguintes pontos de interesse: o globo (uma estrutura 3D que representa a Terra), o bar, a sala de estudo, as bibliotecas, as secretarias de departamentos e as casas de banho.

Adicionalmente, tendo em conta os resultados da fase de análise de requisitos, o sistema w4all inclui, em cada piso, informação sobre as escadas, elevadores e casas de banho para pessoas com deficiência. O piso térreo (também designado por piso 1) inclui ainda informação sobre as rampas e o posto fixo dos funcionários da segurança. A versão atual do protótipo apenas satisfaz os requisitos

considerados essenciais na análise de requisitos. Assim, no caso das escadas, rampas e elevadores apenas é apresentada a sua localização.

A informação pode ser representada com diferentes cores, consoante o tipo de mobilidade que o utilizador escolher. Por exemplo, as escadas são representadas a cinzento no modo mobilidade reduzida e a cor-de-laranja, caso contrário.

No Anexo C, pode-se ver a tabela dos símbolos utilizados na componente da representação.

4.4 Cálculo dos caminhos

No que se refere ao cálculo de caminhos, durante a análise de requisitos, foram identificados os seguintes requisitos para utilizadores de mobilidade reduzida: evitar degraus, rampas muito inclinadas, portas estreitas, portas automáticas com botões fora do alcance, portas não-automáticas fechadas e portas rotativas [34]. Para além disso, também se teve em consideração o horário de abertura das entradas do edifício.

Tendo em conta estes requisitos, analisou-se o edifício de quatro andares, usado no protótipo do w4all. Foram identificadas diversas escadas no interior e três escadas no exterior. Os utilizadores com mobilidade reduzida têm de usar elevadores para evitar as escadas do interior do edifício e, para evitar escadas exteriores, têm de usar rampas, cuja inclinação foi verificada como adequada para utilizadores com cadeira de rodas. As portas de acesso ao exterior do edifício são não-automáticas e estão fechadas com frequência, tendo sido classificado como um requisito mitigável, porque um assistente pode ajudar um utilizador com cadeira de rodas a abrir a porta. Também, foi identificado que o segurança do edifício pode providenciar assistência se o utilizador com cadeira de rodas escolher a porta de entrada perto do seu posto fixo de trabalho. Finalmente, o sistema, também, tem em consideração que apenas uma entrada do edifício está aberta durante o fim-de-semana e das oito da noite até às oito da manhã, em dias de trabalho.

Se se considerar que cada piso do edifício tem associada uma grelha isolada dos outros pisos, os algoritmos de cálculo de caminhos não podem ser aplicados diretamente. Em alternativa, se se considerar que o edifício é representado por uma única grelha, onde as grelhas de cada piso estão interligadas pelos acessos (escadas e elevadores), embora os algoritmos de cálculo de caminhos já possam ser aplicados diretamente, o tempo que leva a calcular caminhos é demasiado grande. Bian et al. [33] expõem este problema, apresentando uma solução, que foi usada neste trabalho para o cálculo de caminhos.

Seguindo a política ambiental e de poupança de energia da nossa universidade para utilizadores sem mobilidade reduzida, os caminhos entre dois pisos usam escadas e não elevadores. Desta maneira, quando a origem e o destino não estão no mesmo piso, o nosso algoritmo tem as seguintes fases:

1. Repetir para cada escada
 1. Usar o A* para encontrar o caminho entre a origem e esta escada
 2. Usar o A* para encontrar o caminho entre esta escada e o destino
 3. O resultado de combinar o caminho de 1 e de 2 dá um caminho possível
2. Escolher o melhor caminho possível (o mais curto)

Para utilizadores com mobilidade reduzida é aplicado o mesmo algoritmo, substituindo as escadas por elevadores. Adicionalmente, na grelha foram atribuídos pesos altos aos degraus do exterior do edifício, para que os caminhos calculados incluíssem as rampas.

4.5 Interação com o utilizador

Seguindo a análise de requisitos apresentada em secções anteriores, foram identificadas algumas funcionalidades adicionais a incluir na interface. A primeira é a possibilidade de informar o sistema w4all sobre o tipo de utilizador: com ou sem mobilidade reduzida (ver o botão na parte de baixo da Figura 4.7). Adicionalmente, utilizadores com mobilidade reduzida também precisam de uma funcionalidade de “caminho alternativo” (“alternative path” em inglês) que resolve o cenário em que um elevador incluído no caminho sugerido não esteja a funcionar (botão no lado direito da Figura 4.7). Finalmente, foi identificada a necessidade de uma funcionalidade que dê o caminho até ao posto fixo do

funcionário da segurança que se localiza perto da entrada principal. (botão “Go to security” no topo da Figura 4.7).

As instruções do utilizador são dadas através do ecrã táctil, enquanto que o sistema responde de maneira visual. A interface desta aplicação é relativamente simples. Nesta interface existem duas zonas, como se pode ver na Figura 4.7: 1) uma zona central onde pode ser vista a planta de um piso do edifício, na qual estão assinalados determinados pontos de interesse do piso e na qual pode estar assinalado um caminho, a localização anterior e a corrente do utilizador, e a localização do destino, ou de um acesso intermédio (escada ou elevador) entre pisos, caso a localização do destino seja noutra piso; 2) uma zona circundante à zona central, onde temos, não só algumas informações, como por exemplo, o local e piso, como também, zonas de interação do utilizador com o sistema w4all.

Na parte superior da interface existe um conjunto de botões para definir o destino (por exemplo, piso 3 ou “Floor 3”, sala 6.3.25). Do lado direito, uma lista ordenada dos pisos pode ser vista, em conjunto com três símbolos: um olho que sinaliza o piso do mapa que se vê atualmente no ecrã (piso 1, “Floor 1”), uma raquete vermelha e uma bandeira verde, que marcam o piso de onde se partiu (piso 1, “Floor 1”) e o piso de destino (piso 3, “Floor 3”), respetivamente.

O w4all mostra direções ao utilizador de maneira visual, representando os caminhos no mapa (a linha magenta). À medida que o utilizador se dirige para o destino, a sua posição é atualizada (na Figura 4.8 a raquete cinzenta representa a posição de partida e a raquete vermelha representa a posição atual do utilizador).



Figura 4.7 - Informação sobre a posição corrente para um utilizador que escolheu o modo “mobilidade reduzida”

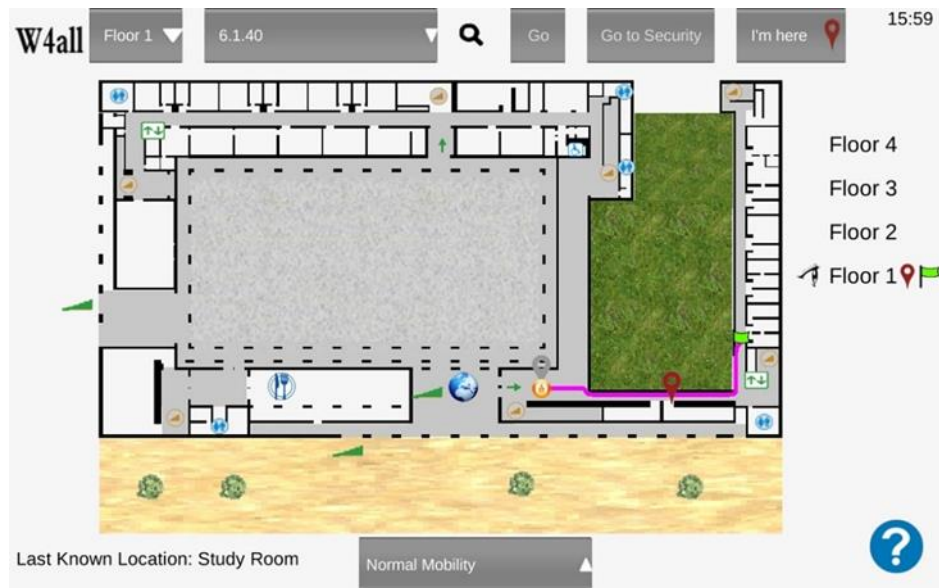


Figura 4.8 - Informação sobre a posição corrente para um utilizador que escolheu o modo “mobilidade normal”

4.6 Diagrama de Sequência

Enquanto o utilizador interage com a aplicação, são feitas trocas de mensagens. Na Figura 4.9 pode ver-se o diagrama de sequência para o caso de uso em que o utilizador pede um caminho à aplicação.

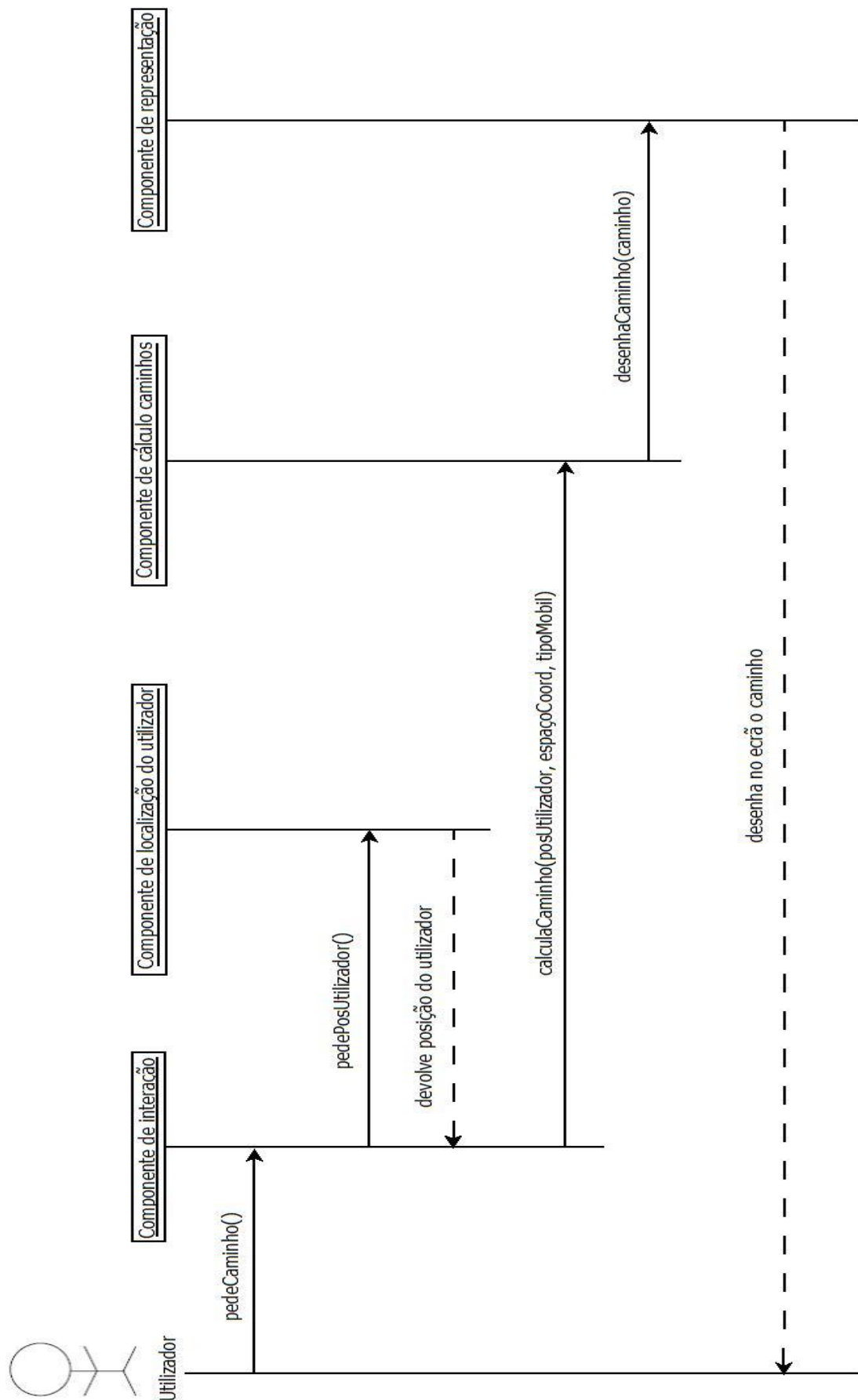


Figura 4.9 - Diagrama de sequência para o caso de uso em que o utilizador pede um caminho à aplicação

A troca de mensagens começará, obviamente, pelo utilizador a pedir um caminho até ao seu destino. Esta mensagem é enviada para a componente de interação que, para poder fazer o pedido à componente de cálculo de caminhos, precisa de conhecer a posição do utilizador, informação essa que lhe é dada pela componente de localização do utilizador.

Tendo essa informação, a componente de interação pede à componente de cálculo de caminhos que calcule o caminho, enviando a posição do utilizador, as coordenadas do destino e o tipo de mobilidade do utilizador.

Após calcular o caminho, a componente de cálculo caminhos pede à componente de representação que desenhe o caminho, enviando o caminho calculado. A componente de representação, ao receber este pedido, desenha o caminho no ecrã.

4.7 Conclusões

Este capítulo apresenta a arquitetura e o desenho do sistema w4all, incluindo os detalhes e as opções tomadas para cada uma das componentes do sistema. A interação entre as várias componentes é exemplificada através do diagrama de sequência do caso de uso “Calcular caminho”.

Capítulo 5

w4all: protótipos e avaliação

O sistema w4all foi desenvolvido utilizando o processo de desenvolvimento iterativo e incremental com dois grandes ciclos. O protótipo desenvolvido durante o primeiro ciclo foi testado no contexto real da aplicação e os resultados destes testes foram utilizados no ciclo seguinte, no qual a aplicação foi estendida com funcionalidades adicionais e a sua interface foi melhorada. Este capítulo apresenta os protótipos desenvolvidos e os testes realizados com utilizadores. Fotografias de alguns destes testes podem ser vistas no Anexo F.

5.1 Primeiro protótipo

O cliente do sistema w4all foi desenvolvido com a ferramenta Unity3D. Para além da experiência prévia que a equipa tinha a usar esta ferramenta, tal opção também é justificada pelo facto de haver uma versão gratuita e por facilitar a inclusão de representações 3D na interface. Nesta ferramenta, *scripts* podem ser escritos em C# (C Sharp) ou JavaScript.

A informação sobre os pontos de acesso ao alcance dos dispositivos móveis, necessária para se obter a localização do utilizador, não está disponível para as bibliotecas do Unity3D, por questões de segurança. Foi preciso criar uma extensão para o Unity3D, na linguagem Java (.jar), que usa bibliotecas do Java, que podem aceder à informação sobre os pontos de acesso ao alcance do dispositivo móvel.

Foram mapeadas *fingerprints* de, aproximadamente, duzentos e cinquenta locais dentro do edifício C6. Estas *fingerprints* foram mapeadas *in loco* para cada local do espaço, podendo cada um destes ter até dez *fingerprints* associadas.

Para o desenho dos mapas dos pisos do edifício foi usado o Blender [6], ferramenta compatível com o Unity3D. As plantas dos pisos que nos foram fornecidas, em formato AutoCad, têm resoluções diferentes entre si, mesmo quando exportadas para outros formatos (ex.: JPEG). Isto é problemático, porque em Blender a modelação dos planos é feita, usando como orientação estas plantas como imagem de fundo. Para os pisos terem tamanhos iguais e planos semelhantes, as proporções reais tinham de ser mantidas. Foi preciso encontrar uma resolução, que tornou os modelos dos pisos semelhantes em tamanho. Isto foi feito através do Adobe Photoshop, um editor de imagem, que tornou mais fácil a alteração de tamanho das plantas. Esta tarefa eliminou o automatismo esperado da exportação, a partir do AutoCad, das diferentes plantas.

Para o cálculo de caminhos, em Unity, existem duas extensões que facilitam a implementação do algoritmo A*: a extensão “RAIN” [40] e a extensão “A* Pathfinding Project” [41]. Depois de um estudo sobre as vantagens e desvantagens das duas, a escolha recaiu sobre a extensão “A* Pathfinding Project”, por ser a mais simples de se utilizar e ser compatível com ambientes 2D. Sendo assim, foi usado esta extensão com uma abordagem baseada em grelhas.

Em Unity, a interface é controlada por eventos. Estes eventos podem ser definidos por *scripts*. Nestes *scripts*, todas as classes criadas estendem a classe “MonoBehaviour” e é com esta classe que se podem definir os eventos dos elementos que aparecem no ecrã, rescrevendo o método “Start”, o qual indica o que deve ser feito no momento em que o *script* é ativado, e o método “Update”, que indica o que é feito em cada *frame*. Como na interface se está a desenhar objectos no ecrã, também é preciso rescrever o método “OnGUI”, que apresenta e organiza objectos e eventos gráficos.

A base de dados, que tem informações sobre vários espaços e horários de portas, e foi desenvolvida em ambiente MySQL, está alojada num servidor *Apache* remoto. Neste servidor também existe um ficheiro PHP, que faz os pedidos em SQL à base de dados. O sistema w4all comunica com este ficheiro PHP por HTTP, sendo que a resposta é dada no mesmo formato.

A aplicação foi desenvolvida para funcionar, idealmente, num *tablet* de sete polegadas com 8 GB de memória interna e 1 GB de memória RAM.

A seguir são descritos todos os recursos utilizados ao longo do projeto, resumindo alguns já descritos anteriormente:

- **Hardware**
 - **Servidor**
 - Sistema operativo: CentOS 6.5
 - Memória RAM: 3.6 GB
 - Processador: 2 processadores Intel® Core™ 2 duo CPU
 - **Tablet fornecido pela FCT**
 - Processador: Intel® Atom™ Z3745 Quad Core 1,86GHz
 - Memória Interna: 8 GB
 - Memória RAM: 1 GB
 - Dimensão do Ecrã: 7 polegadas
 - Wi-Fi: 802.11b/g/n
 - **Tablet da Professora Dulce**
 - Processador: Quad-core 1.2 GHz Mediatek MTK8125
 - Memória Interna: 8 GB
 - Memória RAM: 1 GB
 - Dimensão do Ecrã: 7 polegadas
 - Wi-Fi 802.11b/g/n
- **Software**
 - AutoCad 20.0
 - Unity 5.1.2
 - Blender 2.7.5
 - Java 8.71
 - JDK 1.8
 - Android SDK
 - MySQL 14.14
 - PHP 5.3.3

A Figura 5.1 esquematiza as componentes da interface deste primeiro protótipo.

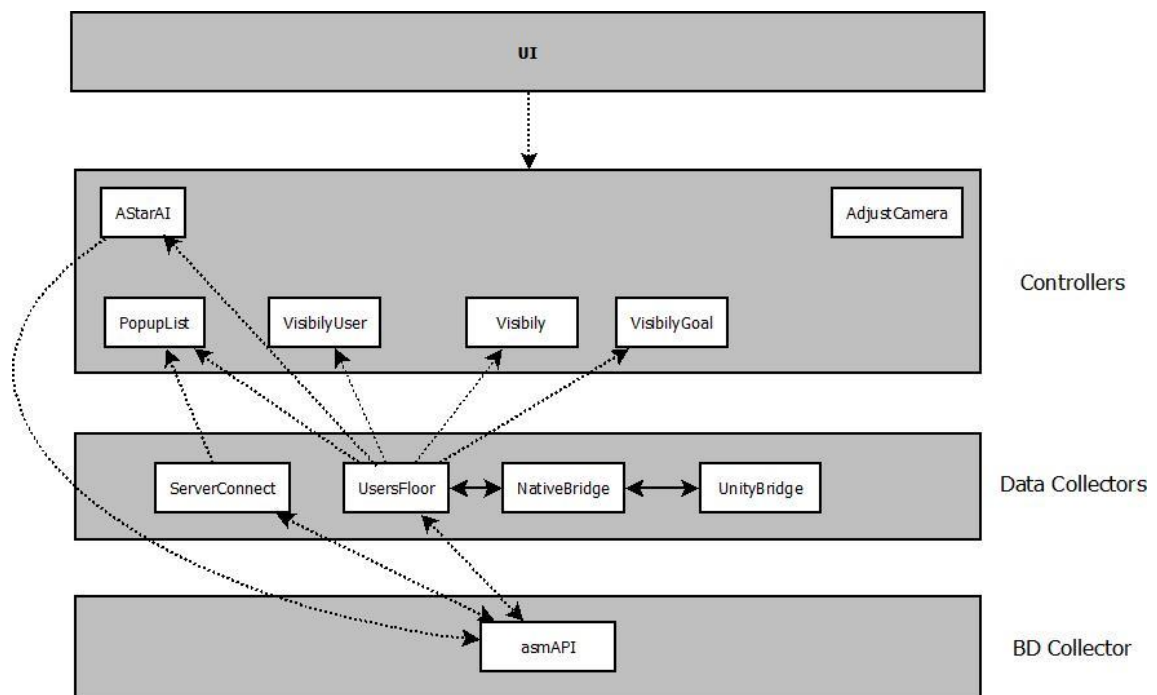


Figura 5.1 - Componentes da interface do primeiro protótipo

As componentes da interface do primeiro protótipo organizam-se da seguinte forma:

- Na camada UI (*User interface*) são tratadas todas as interações do utilizador e geradas as representações gráficas dos vários símbolos, caminhos, plantas e botões;
- Na camada *Controllers* estão as componentes que interagem e modificam diretamente a interface. A componente *AStarAI* trata do cálculo dos caminhos pedidos e actualiza o contador dos espaços na base de dados. A componente *AdjustCamera* trata do controlo da câmara virtual e das operações de *panning* e *zooming* que esta pode fazer. A componente *PopupList* trata de preencher os menus-lista existentes na interface da aplicação. As componentes *VisibilityUser*, *Visibility* e *VisibilityGoal* tratam, respetivamente, da visibilidade do símbolo que representa a posição atual do utilizador, dos vários símbolos da aplicação não relacionados com caminhos, do destino e da visibilidade do símbolo que representa a posição do destino;
- Na camada *Data Collectors* todas as componentes têm o trabalho de recolher dados para a camada superior, que está ligada à interface. Na componente *ServerConnect* são recolhidos os dados do servidor sobre os diferentes espaços e locais do edifício. A componente *UsersFloor* trata do cálculo da posição do utilizador. As componentes *NativeBridge* e *UnityBridge* servem de ponte entre a aplicação e o dispositivo móvel, sendo que, a componente *UnityBridge* recolhe dados sobre os vários pontos de acesso disponíveis ao alcance do dispositivo móvel, e a componente *NativeBridge* torna esses mesmos dados disponíveis para a componente *UsersFloor*;
- A camada *BD Collector* apenas tem uma componente, *asmAPI*, responsável por recolher os dados da base de dados, quando necessário.

5.2 Avaliação do primeiro protótipo

O primeiro protótipo da aplicação apenas incluía as funcionalidades essenciais (ver Figura 5.2), tais como:

- Apresentar ao utilizador a sua localização;
- Mostrar todos os espaços de cada piso, em forma de lista;
- Mostrar graficamente os vários pisos;
- Calcular o melhor caminho num determinado espaço;
- Escolher o tipo de mobilidade do utilizador. O tipo de mobilidade influencia o cálculo de caminhos.

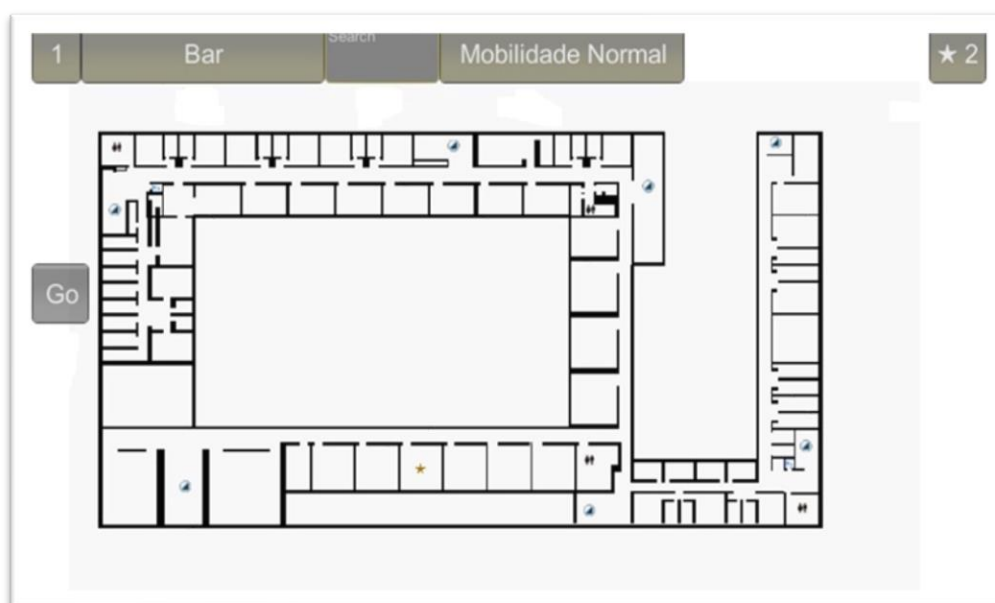


Figura 5.2 – Interface do primeiro protótipo da aplicação w4all

Este protótipo foi testado por um pequeno grupo de utilizadores: dois utilizadores que dependiam da aplicação para se deslocarem no edifício, já que não usam frequentemente o edifício, e um terceiro utilizador, especialista em interfaces pessoa-máquina, que conhece bem o edifício. O questionário utilizado pode ser consultado no Anexo D.

Os resultados dos testes foram bastante satisfatórios e as sugestões foram importantes para a construção de uma nova versão do protótipo. A seguir, são apresentadas algumas dessas sugestões e as consequentes alterações:

- Símbolo do utilizador: durante estes testes, os utilizadores tiveram dificuldades em identificar o símbolo que representava a posição do utilizador. Essa dificuldade ficou evidente em algumas respostas dadas no questionário que se fez após os testes. Dada esta dificuldade, nas versões posteriores da aplicação, o símbolo que representa a posição do utilizador, foi alterado como se pode ver na Figura 5.3.



Figura 5.3 - Evolução do símbolo que representa a posição corrente do utilizador (à esquerda, o símbolo usado no primeiro protótipo e à direita, o símbolo atual)

- Posição e organização dos botões na interface: durante os testes, notou-se alguma dificuldade dos utilizadores em encontrar certos botões e funcionalidades na interface. Isto levou a que, em versões seguintes da aplicação, a organização da interface tenha sido modificada.
- Mais símbolos representados: embora nenhum utilizador tenha sugerido novos objetos para serem representados ou novas funcionalidades a serem adicionadas à interface, foi concluído que a aplicação podia ser melhorada neste sentido. A Figura 5.4 mostra um exemplo de como a representação das escadas foi evoluindo, de uma representação meramente informativa para uma dupla representação, que depende do tipo de mobilidade de utilizador.



Figura 5.4 - Evolução do símbolo que representa a posição das escadas (da esquerda para a direita): o símbolo usado no primeiro protótipo e o símbolo atual com as suas duas variantes de cor, que dependem do tipo de mobilidade de utilizador, sem e com mobilidade reduzida, respetivamente

5.3 Segundo protótipo

Tendo em conta a avaliação do primeiro protótipo, foi criado um segundo protótipo, que incorpora as alterações sugeridas pelos utilizadores que fizeram os testes, e alterações que permitiam o sistema cumprir os restantes requisitos, não cobertos no primeiro protótipo.

Alguns símbolos sofreram alterações e outros foram adicionados, como já se referiu anteriormente. No Anexo C pode consultar-se a lista de símbolos do protótipo actual.

Para além das funcionalidades essenciais, já implementadas no primeiro protótipo e refinadas neste segundo protótipo, novas funcionalidades foram implementadas, tais como:

- Horário de portas: o algoritmo A* foi adaptado para, além de evitar escadas em casos de mobilidade reduzida, também, evitar entradas do edifício, fora do seu horário de abertura. Esta nova funcionalidade é independente do tipo de mobilidade

- Top 10: a maneira como a lista de espaços é apresentada foi alterada, sendo que, neste novo protótipo, apenas os dez espaços mais procurados de cada piso são apresentados. Isto levou a que o modelo de dados da base de dados fosse alterado, adicionando um novo campo, “contador”, que contém o número de vezes que um espaço foi escolhido como destino. Esta alteração pode ser vista na Figura 5.5;

place
<u>idPlace</u>
idParent
name
coord
contador

Figura 5.5 - Classe dos espaços redesenhada

- Caminhos alternativos: caso um elevador esteja avariado ou indisponível, o utilizador tem a opção de pedir um caminho alternativo para outro elevador. Esta nova funcionalidade traz uma nova adaptação ao algoritmo A*, inviabilizando o respetivo elevador durante o cálculo de caminhos. Esta nova funcionalidade só está disponível para o caso de mobilidade reduzida;
- Go to Security: esta nova funcionalidade permite que o utilizador peça o caminho mais curto até ao segurança do edifício, apenas com um clique;
- Fora dos edifícios mapeados: como já se viu anteriormente, o sistema apenas dá a localização do utilizador em locais mapeados. Com esta nova funcionalidade (ver botão “I’m here” na nova interface), um utilizador, a partir de casa, por exemplo, pode pedir um caminho a partir de uma posição corrente escolhida pelo utilizador, em vez da posição calculada pelo processo de localização usado pela aplicação. O processo de escolha desta posição original é idêntico ao da escolha do destino;
- Help: foi adicionada uma funcionalidade de ajuda, uma espécie de manual do utilizador que ilustra o modo de funcionamento da aplicação e o significado dos símbolos no ecrã.

Também, a interface foi melhorando, apresentando não só as novas funcionalidades, mas também, um novo estilo e organização, como se pode ver na Figura 5.6.



Figura 5.6 – Interface do segundo protótipo da aplicação w4all

Na Figura 5.7 pode-se ver a organização das componentes da interface deste novo protótipo com as componentes adicionais, assinaladas a amarelo na figura.

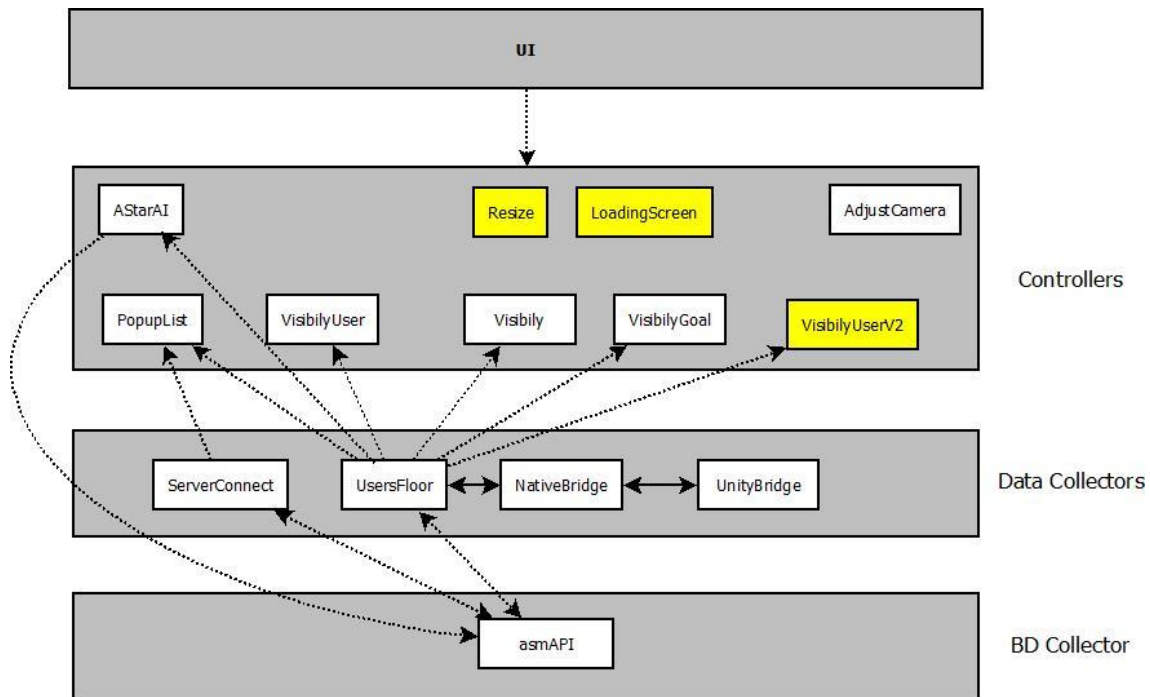


Figura 5.7 - Componentes da interface do segundo protótipo

Comparando com o primeiro protótipo, existem as seguintes novas componentes:

- Na camada *Controllers*, a componente *Resize* trata da inserção dos menus de ajuda. A componente *LoadingScreen* trata da transição entre a interface da aplicação e os menus de ajuda. A componente *VisibilyUserV2* trata da visibilidade do símbolo que representa a posição do utilizador, no início do caminho

5.4 Avaliação do w4all

Com uma nova versão da aplicação, foram feitos testes empíricos, com o objetivo de se estudar a utilidade da aplicação. Antes dos testes, era dada a seguinte explicação introdutória sobre a aplicação:

“w4all é uma aplicação móvel, que calcula caminhos no interior de um edifício e pode ser usada por utilizadores com e sem mobilidade reduzida; a aplicação obtém, automaticamente, a sua posição atual no edifício, calcula o caminho mais curto para o destino escolhido e mostra-o, visualmente, num mapa, no dispositivo. A interface permite, entre outras opções, escolher o destino, o tipo de mobilidade e um caminho alternativo (por exemplo, caso se verifique que o elevador, que ia usar no seu caminho, está avariado). “

Estes testes foram feitos, juntamente com uma pequena explicação sobre o questionário, que se encontra no Anexo E, entregue após o utilizador realizar algumas tarefas propostas. O utilizador efetuava um conjunto de tarefas que lhe eram pedidas (procura de determinados caminhos); a todos foi pedido que realizassem uma parte do teste escolhendo a opção “mobilidade reduzida”.

Os testes foram feitos por um grupo de utilizadores com as seguintes características:

- 50 voluntários (29 homens e 21 mulheres);
- 74% dos voluntários tinham idades entre os 15 e os 30 anos, 6% no intervalo entre os 31 e os 45 anos e 20% acima dos 46 anos;
- Três dos utilizadores possuíam mobilidade reduzida (1 homem e 2 mulheres), tendo todos idade entre os 31 e os 45 anos;
- 96% dos voluntários estavam habituados a usar dispositivos móveis, sendo que, 67% só usavam smartphones, 29% usavam tablet e smartphone e 4% só usavam tablets;
- 84% dos voluntários usavam Google Maps ou outro tipo de sistema de navegação;

- 28% conheciam bem o edifício, 52% conheciam pouco e 20% nunca tinham entrado no edifício.

O questionário divide-se em cinco partes, que avaliam a opinião dos utilizadores sobre os diferentes aspetos da aplicação: o SUS (System Usability Scale), avaliação da interface, avaliação do mapa, análise da aplicação e apreciação global.

5.4.1 SUS

Para avaliar a usabilidade do sistema, foi usada o SUS, uma escala numérica que consiste num questionário de 10 perguntas em que as respostas são dadas numa escala de Likert de 5 pontos, em que 1 é “discordo totalmente” e 5 é “concordo totalmente”.

Obtidos os resultados, calcula-se as pontuações da seguinte maneira:

- Para as respostas ímpares (1, 3, 5, 7 e 9) é preciso subtrair 1 à pontuação que o utilizador deu;
- Para as respostas pares (2, 4, 6, 8 e 10) é preciso subtrair de 5 a pontuação dada pelo utilizador (5 – pontuação do utilizador);
- Somar todas as pontuações das dez perguntas e multiplicar por 2.5;
- O resultado será a pontuação final, que irá variar entre 0 a 100;

Segundo alguns estudos [42], a pontuação média é de 68. O que quer dizer que qualquer pontuação abaixo de 68 pode revelar problemas de usabilidade. No caso do w4all, a pontuação média final, de todos os utilizadores, foi de 76. Esta pontuação revela que a aplicação, embora ainda sendo um protótipo, está num bom caminho, a nível de usabilidade.

5.4.2 Avaliação da interface

Nesta parte do questionário, o objectivo era avaliar a interface. Para isso, foi pedido aos utilizadores que indicassem o seu nível de concordância com um conjunto de afirmações recorrendo a uma escala entre 1 e 5, em que 1 significa “discordo totalmente” e 5 significa “concordo totalmente”. Na Tabela 5.1 pode-se ver a percentagem aproximada de cada pontuação relativa a cada afirmação.

Tabela 5.1 - Avaliação do uso da interface e sua disposição (1- “discordo totalmente”; 5- “concordo totalmente”)

	1	2	3	4	5
É fácil escolher o piso de destino	0%	2%	2%	22%	74%
É fácil escolher o local de destino	0%	2%	10%	38%	50%
É fácil procurar o local de destino (quando, por ex. não se sabe qual é o piso)	0%	10%	40%	26%	24%
É fácil escolher o tipo de mobilidade	0%	0%	0%	14%	86%
É fácil escolher o piso que se quer visualizar	0%	0%	0%	18%	82%
É fácil compreender a funcionalidade de cada botão	0%	0%	10%	44%	46%
A disposição dos botões na interface é adequada	0%	6%	20%	34%	40%

Em nenhuma das afirmações os utilizadores deram uma pontuação inferior a 2. A única afirmação que teve pontuação mais negativa foi sobre a facilidade de procurar o local de destino (quando, por exemplo, não se sabe qual é o piso).

Decidiu-se, também, avaliar a apresentação dos locais no menu por piso. Todos os utilizadores que responderam, concordaram com esta organização. Outras disposições foram também sugeridas, como por exemplo, a lista completa dos locais ser organizada alfabeticamente ou por categorias (salas de aulas, gabinetes de professores, etc).

5.4.3 Avaliação do mapa

Em relação ao mapa, queria-se avaliar a perceptibilidade do mapa em si e de todos os elementos gráficos inerentes ao mapa, assim como as funcionalidades que o mapa oferece. Na Tabela 5.2 pode ver-se a percentagem aproximada da pontuação relativa a cada afirmação, usando a mesma escala da avaliação da interface.
















Tabela 5.2 - Avaliação da perceptibilidade do mapa e seus elementos gráficos (1- “discordo totalmente”; 5 - “concordo totalmente”)

	1	2	3	4	5
É fácil perceber o mapa	4%	2%	24%	34%	36%
É fácil perceber qual é o piso que está a ser visualizado.	2%	0%	10%	32%	56%
É fácil perceber os símbolos que indicam locais no mapa	0%	2%	28%	36%	34%
É fácil perceber o símbolo que assinala a posição do utilizador no mapa	2%	0%	8%	26%	64%
É fácil perceber o símbolo que assinala a posição do destino no mapa	0%	0%	10%	30%	60%
É fácil perceber o caminho no mapa	2%	4%	16%	28%	50%
É fácil perceber a localização do destino no mapa	0%	0%	16%	36%	48%
É fácil fazer <i>Zooming</i>	6%	12%	16%	20%	46%
É fácil fazer <i>Panning</i>	4%	4%	19%	29%	44%
É fácil usar o botão <i>I'm here</i> para indicar à aplicação onde me encontro (usando a sinalética presente no interior do edifício)	6%	4%	12%	38%	40%

Como se pode ver, alguns elementos e funcionalidades não foram perceptíveis a todos os utilizadores, embora as pontuações sejam maioritariamente positivas. As afirmações com pontuações mais baixas são sobre a perceptibilidade do mapa em si, da facilidade em se fazer *Zooming* e da facilidade em se usar o botão *I'm here*.

Relativamente à perceptibilidade dos símbolos, cada símbolo foi avaliado individualmente. A Tabela 5.3 apresenta a pontuação dada pelos utilizadores a cada símbolo numa escala entre 1 e 5, em que 1 significa “nada perceptível” e 5 significa “extremamente perceptível”.

Tabela 5.3 - Avaliação da perceptibilidade de cada símbolo (1- “nada perceptível” e 5- “extremamente perceptível”)

Símbolos	1	2	3	4	5
 globo	0%	4%	10%	20%	66%
 árvore	6%	4%	22%	24%	44%
 elevador	0%	4%	14%	26%	56%
 escada	2%	8%	18%	26%	46%
 rampa	4%	14%	24%	35%	22%
 entrada principal	2%	16%	30%	20%	32%
 WC	0%	4%	6%	14%	76%
 restaurante/bar	0%	2%	6%	16%	76%
 segurança	2%	12%	22%	33%	28%
 localização actual do utilizador	0%	2%	6%	24%	68%
 localização inicial do utilizador	0%	8%	6%	30%	56%
 localização do destino	0%	2%	4%	24%	70%
 procurar	0%	2%	10%	18%	70%
 piso que está a ver	2%	8%	24%	18%	48%
 ajuda	0%	2%	6%	18%	74%

Todos os símbolos tiveram pontuações positivas, embora tenham havido críticas, como por exemplo:

- O globo ser um símbolo e local desconhecido para pessoas que não conheçam o edifício;
- O símbolo da árvore não parecer uma árvore;
- O símbolo da rampa parecer-se com uma escada ou símbolo do Wi-Fi;
- O símbolo que representa as entradas principais ser muito fino e pouco perceptível;
- O símbolo da casa de banho estar pixelizado;
- O símbolo da localização inicial do utilizador parecer-se com o símbolo da localização actual do utilizador e ter pouco contraste com o fundo;
- O símbolo que indica o piso que o utilizador está a ver não é perceptível.

Ainda sobre os símbolos, foi avaliada a atenção dos utilizadores à alteração de alguns símbolos quando testaram situações de mobilidade reduzida (notar que a todos foi pedido que realizassem uma parte do teste escolhendo a opção “mobilidade reduzida”). Apenas cinco utilizadores notaram essas alterações.

Também se perguntou se consideravam adequado o número de locais disponíveis por piso; 90% dos utilizadores responderam que o número de locais apresentados por piso é adequado, enquanto que os restantes 10% discordaram, argumentando que para um edifício maior podem-se usar mais símbolos e indicar mais espaços.

Sobre o mapa, foi perguntado se achariam conveniente ter uma representação 3D do espaço; 88% dos utilizadores disseram que o mapa bastava ser 2D, um deles até acrescentou que bastava o mapa rodar com o utilizador. Os restantes 12% acharam necessária uma representação 3D, por acharem alguns espaços confusos e fáceis de se perderem na representação 2D.

5.4.4 Análise da aplicação

Foi pedido aos utilizadores para fazerem uma análise geral da aplicação, dando a sua opinião sobre diferentes vertentes. Os utilizadores apontaram os seguintes aspectos positivos da aplicação:

- Interface simples;
- Aplicação intuitiva, quando actualiza corretamente o caminho;
- Útil;
- Mapa bastante explícito;
- O facto de ser possível escolher o tipo de mobilidade e a aplicação adaptar-se;
- Posição do utilizador acompanhar o movimento real;
- Permite navegação rápida em edifícios desconhecidos;
- Dar caminho alternativo.

Os utilizadores também apontaram os aspectos que acharam mais fáceis de utilizar:

- Seleção do destino;
- Alteração do piso de visualização;
- Alterar o tipo de mobilidade.

Por outro lado, os utilizadores também apontaram os seguintes aspectos negativos:

- Muito lento na sincronização;
- Modo sem rede confuso;
- Dispositivo perde rede frequentemente;
- Nomenclatura dos espaços pode ser difícil para quem desconheça o espaço;
- Falta de rotação do mapa no ecrã do dispositivo torna o caminho confuso, especialmente para pessoas com sentido de orientação fraco;
- Falta de instruções no caminho (por ex: esquerda ou direita);
- Alguns espaços (por exemplo, WC) mereciam mais destaque.

Alguns utilizadores tiveram dificuldade a utilizar os seguintes aspectos:

- Zooming;
- Pesquisar locais;
- Dar a localização no modo offline;
- Função *I'm here*;
- Procurar um local quando se desconhece o edifício.

Para além das subentendidas, as seguintes sugestões também foram dadas, especificamente:

- Caminhos alternativos, também, para o modo de mobilidade normal;
- Associar a cada sala o nome do professor ou a descrição do local;
- Auto-zooming;
- Indicar os pontos de acesso, para quando o dispositivo ficar sem rede, o utilizador dirigir-se para um deles;
- Dar intruções à aplicação por voz;
- Indicar o horário de vários serviços;
- Mais pontos de referência;
- Indicar a distância;
- Aperfeiçoamento gráfico, ter opção para daltónicos;
- Possibilidade de cada utilizador criar uma lista de espaços favoritos;
- Interface mais moderna.

5.4.5 Apreciação e utilidade da aplicação

Na parte final do questionário, foi perguntado aos utilizadores se achavam útil ter a aplicação w4all disponível noutros edifícios (por exemplo, outras faculdades, centros comerciais, hospitais, centros de saúde, etc), sendo que a resposta foi 100% positiva.

Acerca da utilidade e relevância da aplicação, foi pedido aos utilizadores que dessem uma pontuação, entre 1 e 5 (1- “nada relevante”, 5 – “muito relevante”). No Gráfico 5.1 representam-se as percentagens aproximadas de cada pontuação.

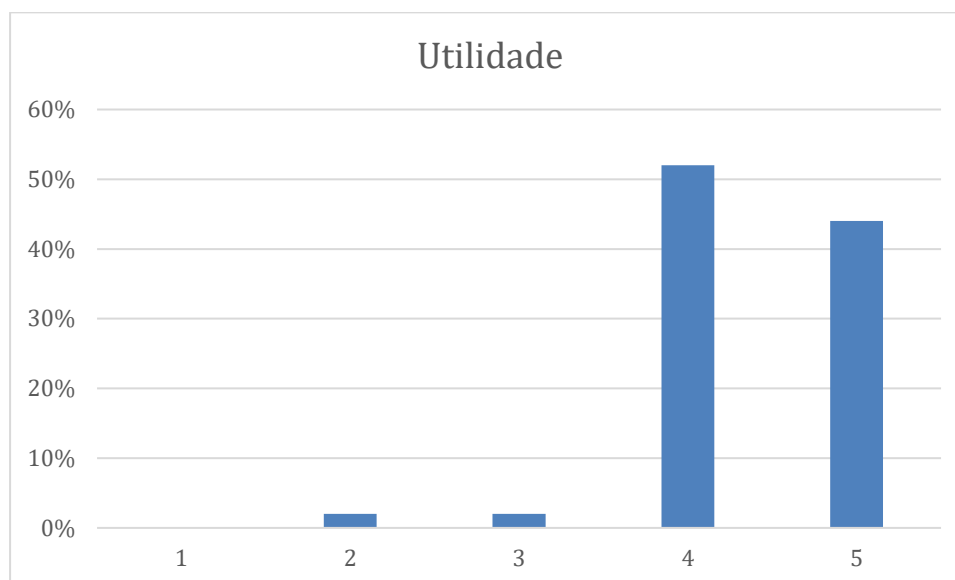


Gráfico 5.1 – Utilidade da aplicação

Nenhum dos utilizadores deu uma pontuação inferior a 2 e a maioria deu pontuações entre 4 e 5.

Por fim, pediu-se aos utilizadores que dessem uma pontuação global à aplicação, entre 1 e 5, em que 1 é “péssima” e 5 é “excelente”. O Gráfico 5.2 mostra as percentagens aproximadas de cada pontuação.

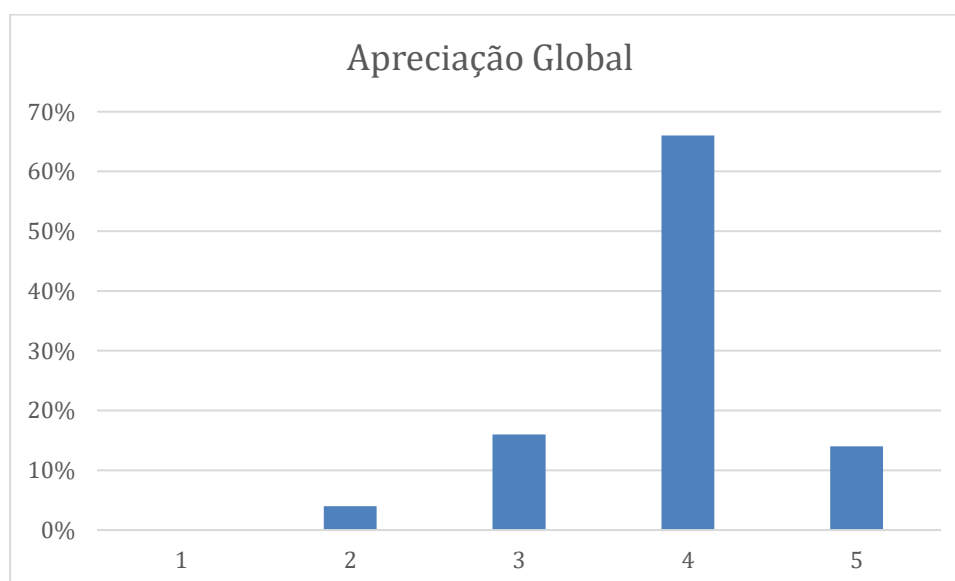


Gráfico 5.2 - Apreciação Global da aplicação

Também se analisou a utilidade e a apreciação global, consoante o nível de conhecimento (familiaridade) que o utilizador dizia ter do edifício C6 (conhece bem; conhece pouco; nunca tinha entrado no edifício anteriormente). O Gráfico 5.3 e o Gráfico 5.4 mostram as percentagens de cada pontuação para cada um destes três níveis.

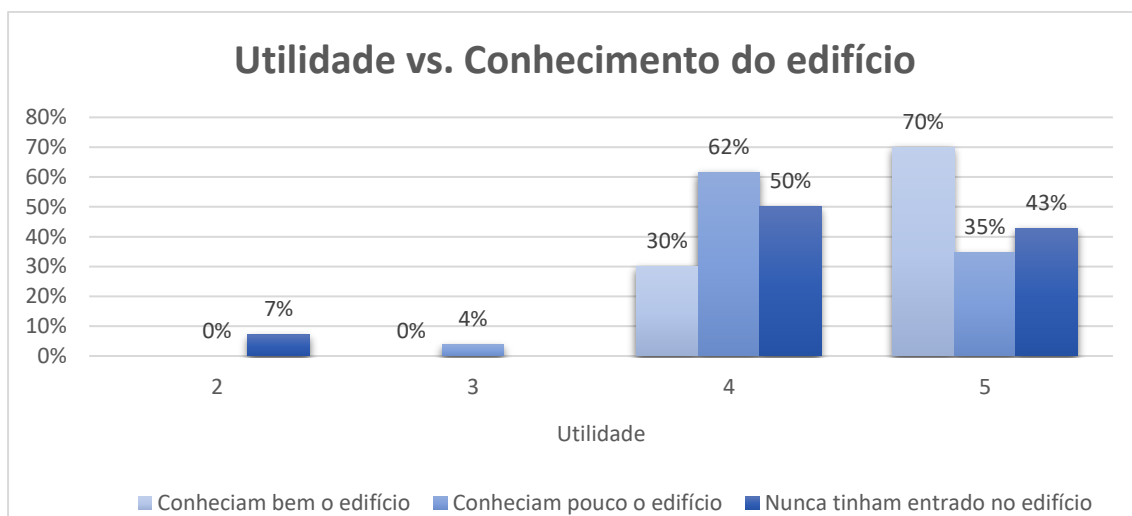


Gráfico 5.3 - Utilidade da aplicação vs. Conhecimento do edifício

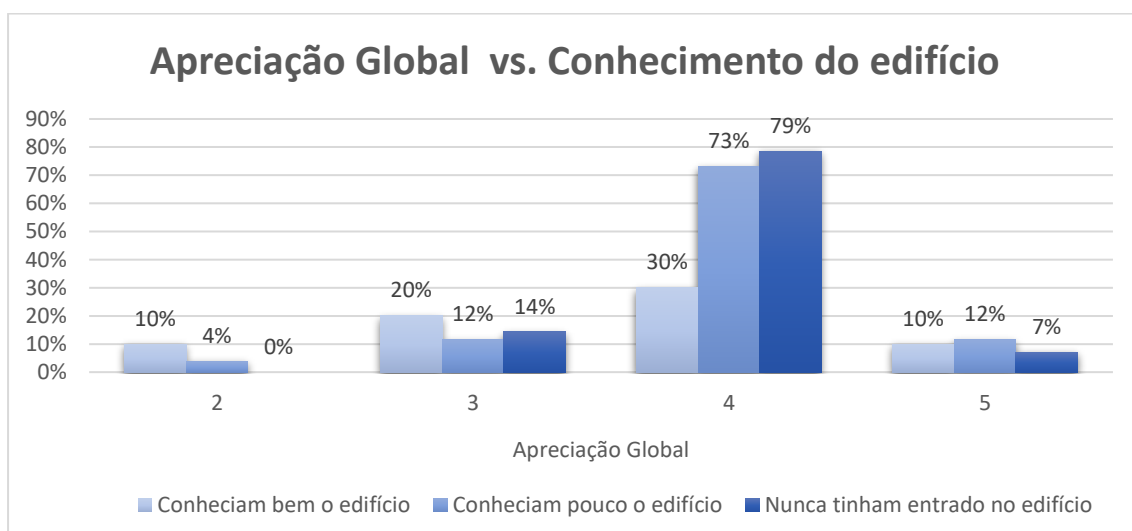


Gráfico 5.4 - Apreciação Global da aplicação vs. Conhecimento do edifício

Analisando os quatro gráficos, observa-se uma leve tendência para a utilidade da aplicação estar dependente do conhecimento do edifício, no sentido de que os utilizadores que conheciam melhor o edifício deram melhores pontuações globais do que os restantes utilizadores.

Já o contrário se verifica a nível da apreciação global, onde os utilizadores, que nunca tinham entrado no edifício deram melhor pontuação.

Quando questionados se a aplicação respondia aos objetivos antecipados e se permitia aquilo a que se propõe sem restrições, também se notou uma dependência entre falta de conhecimento do edifício e pontuações mais altas, como se pode ver no Gráfico 5.5.

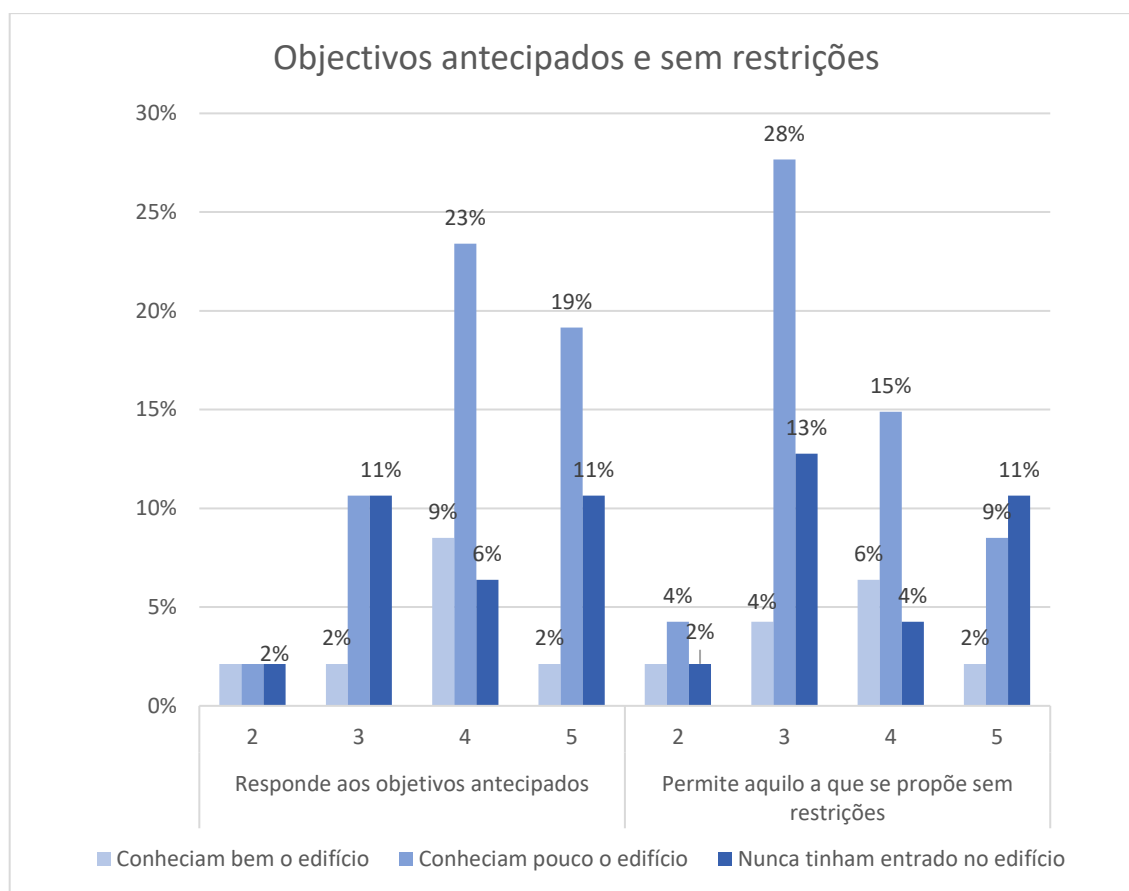


Gráfico 5.5 - Resposta da aplicação aos objectivos antecipados pelo utilizador e permite aquilo a que se propõe sem restrições

5.4.6 Conclusões

Após a avaliação do segundo protótipo do w4all, pode-se concluir pelo SUS que o protótipo da aplicação teve uma boa recepção da parte dos utilizadores, precisando apenas de alguns ajustes. Analisando em maior detalhe a avaliação, pode-se concluir que, embora os utilizadores tenham percebido o funcionamento dos vários botões da interface, a sua disposição e aspeto visual tiveram algumas opiniões menos positivas. Também não houve consenso total nos símbolos, sendo que, alguns foram avaliados como confusos.

Contudo, a ideia por de trás da aplicação tem imenso potencial, já que todos os utilizadores acharam útil ter esta aplicação disponível noutros espaços públicos. A aplicação em si teve, em média, uma pontuação global positiva, ainda que necessite de alguns melhoramentos.

Capítulo 6

Conclusão

6.1 Conclusões

Nesta tese foi apresentado o desenvolvimento do sistema de navegação interior w4all. Ao contrário de outros sistemas de navegação interior, o sistema w4all, desde as fases iniciais de desenvolvimento, teve em conta requisitos específicos para utilizadores com mobilidade reduzida (ver Capítulo 3). Isto quer dizer que a aplicação que sustenta o trabalho tem em conta o tipo de mobilidade do utilizador. Devido à escassez de artigos existentes que tenham em conta estes requisitos, o estudo foi baseado nos poucos trabalhos que existem, e na opinião do autor desta tese, que possui mobilidade reduzida.

O desenvolvimento do sistema foi feito, usando apenas *software* gratuito. A modelação do edifício foi feita em *Blender*, enquanto que toda a interacção utilizador-aplicação e vice-versa, assim como cálculos de caminhos e da posição do utilizador foram feitos em *Unity*. A escolha deste *software* deveu-se ao fato dos modelos em *Blender* poderem, facilmente, ser exportados para *Unity*.

Foi utilizada uma extensão do *Unity* para implementar o algoritmo A* na aplicação e, também, para facilitar a detecção de obstáculos nos modelos, neste caso, das paredes do edifício.

Foram utilizados *software* de edição de imagem para trabalhar alguns símbolos e outras imagens da aplicação.

A informação sobre os espaços do edifício está guardada numa base de dados remota. Isto quer dizer que a aplicação precisa de ligação permanente à Internet para funcionar corretamente.

Na verdade, não é só pela ligação à base de dados que a aplicação precisa de Internet. Para calcular a posição do utilizador é usada a força de sinal dos diferentes pontos de acesso no edifício.

Embora todo o *software* utilizado tenha sido gratuito, para testar o sistema foi preciso recorrer-se à compra de um tablet. Era preciso que este tablet tivesse uma boa placa de rede, bom processador e um ecrã do tamanho adequado para aguentar as primeiras iterações da aplicação, que eram exigentes de mais.

Os testes com utilizadores provaram o potencial que o atual protótipo do sistema tem, assim como as limitações a ultrapassar e corrigir. Foram realizados testes com utilizadores com diferentes características: idade, sexo, tipo de mobilidade, etc, e isso levou a que se conseguisse recolher diferentes opiniões e críticas sobre a aplicação.

Neste projeto surgiram duas grandes dificuldades, em duas partes distintas: a primeira apareceu durante o desenvolvimento da aplicação e está relacionada com a recolha de *fingerprints*. Sendo que, o edifício onde a aplicação funciona, tem, aproximadamente, duzentos e cinquenta locais distintos, tornou a recolha das *fingerprints*, de cada local, uma tarefa demasiado ambiciosa e exigente para o projeto. A segunda dificuldade surgiu durante os testes com utilizadores, nomeadamente, nos testes com utilizadores de mobilidade reduzida. Nem sempre foi possível conciliar os horários de tempo livre de alguns utilizadores com os horários disponíveis para os testes da aplicação. Isto acabou por resultar numa amostra mais pequena de utilizadores com mobilidade reduzida nos resultados dos testes da aplicação.

Resumidamente, pode-se dizer que foi criado um protótipo funcional, dependente do tipo de mobilidade do utilizador, que, um dia, pode-se tornar numa aplicação, que ajudará muitas pessoas.

6.2 Trabalho futuro

Uma das características do sistema que tinha de estar presente desde o início era a extensibilidade, ou seja, permitir a fácil incorporação de novas funcionalidades. As seguintes funcionalidades, a serem adicionadas no trabalho futuro, foram propostas por utilizadores durante a fase de testes, ou foram

funcionalidades descartadas no decorrer da construção do sistema por serem menos importantes para os objectivos principais delineados para a aplicação:

- **Mostrar mais informação nas plantas da aplicação**

Seguindo os requisitos delineados anteriormente no documento, para além da já representada, existe mais informação que pode ser adicionada, tal como, por exemplo:

- Horário das portas de entrada do edifício;
- Largura das portas de entrada do edifício;
- Largura das portas dos elevadores;
- Indicação da altura dos botões no elevador
- Localização das saídas de emergência;
- Localização das casas de banho para pessoas com mobilidade reduzida.

- **Melhorar a componente de localização do utilizador**

A componente de localização do utilizador pode, ainda, ser melhorada pois existem alguns locais do edifício onde a aplicação, atualmente, tem um fraco desempenho, como por exemplo, corredores em que não existam ao alcance pontos de acesso da rede “eduroam”;

- **Mostrar e monitorizar a atual condição dos elevadores**

Na versão atual do w4all, o utilizador precisa de se deslocar a um elevador para saber se ele está operacional ou não.

No futuro, pode-se melhorar este processo, sendo possível guardar a informação da condição de um elevador, fornecida previamente por um utilizador, e indicá-la na aplicação, poupando ao utilizador uma caminhada desnecessária até um elevador que não esteja operacional no momento;

- **Adicionar plantas de novos edifícios**

Na versão final da aplicação, existem apenas plantas dos pisos de um edifício, sendo que estas estão guardadas localmente.

No futuro, se se pretender tornar a aplicação funcional para outros edifícios, ou seja, adicionar novas plantas à aplicação, guardá-las localmente, tornará o sistema lento e não responsivo.

A solução passa por guardar as plantas num servidor. Em [37] é discutido e testado se um ficheiro deve estar na base de dados ou num sistema de ficheiros. Segundo os testes, como uma planta tem mais de 256K de tamanho, deve-se usar um sistema de ficheiros.

Em algumas bases de dados, existe o atributo “FILESTREAM”, o que daria à base de dados uma ligação e controlo fácil sobre os ficheiros/plantas.

- **Limitações na disponibilidade dos utilizadores para realizar os testes**

Devido à indisponibilidade de alguns utilizadores e a conflito de horários, não foi possível realizar testes com mais utilizadores com mobilidade reduzida. No futuro, será necessário realizar testes com este público-alvo. Para evoluir a aplicação no sentido certo, pretende-se fazer um maior número de testes com mais tipos de utilizadores.

6.3 Considerações finais

Quando aceitei entrar neste projeto, não esperava aprender tantas coisas. Cada reunião de projeto foi uma aprendizagem, não só de novas funcionalidades e limitações das ferramentas que usei e já conhecia, mas também de maneiras de planear um projeto, gerir tempo, etc.

O grande marco deste projeto, para mim, foi, sem dúvida, ver a primeira versão desta aplicação a funcionar *in loco*, porque nesse momento apercebi-me do verdadeiro potencial da aplicação e como ela poderia ajudar as pessoas. Acima de tudo, pessoas com o mesmo tipo de mobilidade da minha, pessoas para as quais entrar num edifício pode ser como subir o Monte Everest.

O maior desafio deste projeto foi a recolha das *fingerprints*, um processo moroso e cansativo, que apenas podia ser feito *in loco*, e era absolutamente necessário para a componente da localização do utilizador. Sozinho, não teria conseguido e este desafio apenas foi ultrapassado com a ajuda das minhas orientadoras e de alguns amigos meus, que fizeram esta recolha por mim, enquanto que eu, em casa, verificava se estava tudo dentro dos conformes. Infelizmente, na parte final do projeto, esta recolha das

fingerprints teve de ser feita novamente, porque os pontos de acesso foram alterados e renovados. Mas, mais uma vez, graças às minhas orientadoras, esta tarefa foi feita.

Foi, também, graças às minhas orientadoras que consegui analisar uma boa quantidade de dados de testes com utilizadores que elas conduziram. Em alguns testes consegui estar presente e achei extremamente benéfico ouvir, em primeira mão, os aspectos positivos e negativos da minha aplicação.

Obviamente que me senti honrado e orgulhoso por ter sido convidado para este projeto e é por isso que, passado um ano, ainda não consigo descrever a emoção e honra que senti ao ter sido convidado por uma das orientadoras deste projeto, a Professora Dulce, a apresentar um artigo deste trabalho numa conferência. Para além disso, Professora Dulce ajudou-me imenso a ultrapassar as dificuldades que uma viagem de carro Lisboa-Porto e uma estadia fora de casa, durante três dias, possam oferecer a uma pessoa com a minha doença. Considero que, apresentar o artigo é o maior feito da minha vida e tenho tudo a agradecer à Professora Dulce por esta oportunidade.

Dediquei três anos da minha vida a este projeto. Dediquei-me para acabar uma aplicação que, embora saiba que é um protótipo imperfeito, tem imenso potencial de ajudar muitas pessoas no futuro. Espero que este projeto sensibilize a comunidade científica a apostar neste tipo de aplicações, porque, nem todos somos iguais, mas com este tipo de aplicações, podemos-nos tornar um pouco mais iguais.

Bibliografia

- [1] “Global_Positioning_System,” [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System, [Acedido em Outubro 2017].
- [2] “Real-Time Location System,” Ekahau Vision™ Location Analytics, [Online]. Available: <http://www.ekahau.com/real-time-location-system/technology>, [Acedido em Outubro 2017].
- [3] “Wifarer Technology,” [Online]. Available: <http://www.wifarer.com/technology>, [Acedido em Outubro 2017].
- [4] D. Matos, A. Moreira e F. Meneses, “Wi-Fi fingerprint similarity in collaborative radio maps for indoor positioning,” em *Inforum*, Porto, Portugal, 2014.
- [5] “Unity - Game Engine,” Unity Technologies, [Online]. Available: <http://unity3d.com/pt/>, [Acedido em Outubro 2017].
- [6] “blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software,” Blender Foundation, [Online]. Available: <https://www.blender.org/>, [Acedido em Outubro 2017].
- [7] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee e J. Liu, “Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems,” *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions*, vol. 37, nº 6, pp. 1067 - 1080, 2007.
- [8] J. Hightower e G. Borriello, “Location Systems for Ubiquitous Computing,” *Computer*, vol. 34, nº 8, pp. 57-66, 2001.
- [9] N. Fallah, I. Apostolopoulou, K. Bekris e E. Folmer, “Indoor Human Navigation Systems –a Survey,” 2012.
- [10] M. Jain, R. C. P. Rahul e S. Tolety, “A study on Indoor navigation techniques using smartphones,” em *International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics*, Mysore, India, 2013.
- [11] M. Amundson, “Dead Reckoning for Consumer Electronics,” Honeywell International Inc, Plymouth, Minnesota, 2006.
- [12] P. Bahl e V. N. Padmanabhan, “RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System,” em *IEEE INFOCOM*, Tel Aviv, Israel, 2000.
- [13] P. Pombinho, A. P. Afonso e M. B. Carmo, “Indoor Positioning Using a Mobile Phone with an Integrated Accelerometer and Digital Compass,” *INForum*, Lisboa, Portugal, 2010.
- [14] F. Bonin-Font, A. Ortiz e G. Oliver, “Visual Navigation for Mobile Robots: A Survey,” *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, vol. 53, nº 3, pp. 263-296, 2008.
- [15] C. Kocha, M. Negesb, M. Königa e M. Abramovici, “Natural markers for augmented reality-based indoor navigation and facility maintenance,” *Automation in Construction*, nº 48, pp. 18-30, 2014.
- [16] S. Koide e M. Kato, “3-D Human Navigation System Considering Various Transition Preferences,” *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 1, pp. 859 - 864, 2005.
- [17] B. Ozdenizci, V. Coskun e K. Ok, “NFC Internal: An Indoor Navigation System,” *Sensors*, vol. 15, nº 4, pp. 7571-7595, 2015.
- [18] A. Farshad, J. Li, M. K. Marina e F. J. Garcia, “A microscopic look at WiFi fingerprinting for indoor mobile phone localization in diverse environments,” em

International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, Montbeliard, Belfort, 2013.

- [19] K. Kaemarungsi e P. Krishnamurthy, “Modeling of indoor positioning systems based on location fingerprinting,” *INFOCOM 2004. Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, vol. 2, pp. 1012 - 1022, 2004.
- [20] K. S. Duarte, “SmartGuia: Shopping Assistant for Blind People,” FCTUC Física - Teses de Mestrado, Coimbra, Portugal, 2014.
- [21] D. Carbonia, A. Manchinu, V. Marot, A. Piras e A. Serra, “Infrastructure-free indoor navigation: a case study,” *Journal of Location Based Services*, vol. 9, nº 1, pp. 33-54, 2015.
- [22] “Indoorn Navigation,” [Online]. Available: <http://www.indoornavigation.com/knowledge/indoor-navigation-by-google-what-you-should-know-about-it>, [Acedido em Outubro 2017].
- [23] “Wi-Fi positioning system,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_positioning_system#RSSI_and_lateration_based. [Acedido em Outubro 2017].
- [24] D. Russo, S. Zlatanova e E. Clementini, “Route Directions using Visible Landmarks for an Indoor Navigation System based on Android device: “IndoorNav”,” em *ISA '14 Proceedings of the Sixth ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness*, New York, NY, USA, 2013.
- [25] Y. Zhou, T. H. D. Dao, J.-C. Thill e E. Delmelle, “Enhanced 3D visualization techniques in support of indoor location planning,” *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 50, p. 15–29, 2015.
- [26] V. Blanz, B. Schölkopf, H. H. Bülthoff, C. J. C. Burges, V. Vapnik e T. Vetter, “Comparison of view based object recognition algorithms using realistic 3D models,” *Lecture Notes in Computer Science*, vol. Volume 1112 of the series Lecture Notes in Computer Science, nº Oral Presentations: Applications Image Processing Applications, pp. 251-256, 1996.
- [27] J. Baus, A. Kruger e W. Wahlster, “A resource-adaptive mobile navigation system,” em *IUI '02 Proceedings of the 7th international conference on Intelligent user interfaces*, New York, NY, USA, 2002.
- [28] S. I. Abdulkadir, S. A. Fadzli, A. . A. Jamal, M. Makhtar, M. K. Awang, M. Mohamad e F. Susilawati, “Indoor global path planning based on critical cells using dijkstra algorithm,” *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 79, nº 3, p. 358, 2015.
- [29] A. Aboshosha e A. Zell, “Robust mapping and path planning for indoor robots based on sensor integration of sonar and a 2d laser range finder,” em *IEEE 7th International Conference on Intelligent Engineering Systems*, Assiut, Egypt, 2003.
- [30] R. Geisberger, P. Sanders e D. Schultes, “Contraction Hierarchies: Faster and Simpler Hierarchical Routing in Road Networks,” *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5038, nº Experimental Algorithms, pp. 319-333, 2008.
- [31] “AStar Pseudocode,” [Online]. Available: <http://www.redblobgames.com/pathfinding/a-star/introduction.html>, [Acedido em Outubro 2017], [Acedido em Outubro 2017].
- [32] “Dijkstra’s Algorithm: Pseudocode,” [Online]. Available: <http://courses.cs.washington.edu/courses/cse326/06au/lectures/lect22.pdf>, [Acedido em Outubro 2017].
- [33] W. Bian, Y. Guo e Q. Qiu, “Research on Personalized Indoor Routing Algorithm,” em *13th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science*, Xian Ning, Hubei, China, 2014.

- [34] D. Dzafi, J. A. B. Link, D. Baumeister, S. Kowalewski e K. Wehrle, “Towards an Indoor Traffic Report - Requirements for Dynamic Route Planning for Wheelchair Users,” em *International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, Sydney, Australia, 2014.
- [35] L. Ran, S. Helal e S. Moore, “Drishti: An Integrated Indoor/Outdoor Blind Navigation System and Service,” em *Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications*, Orlando, Florida, 2004.
- [36] W. Heuten, N. Henze, S. Boll e . M. Pielot, “Tactile Wayfinder: A Non-Visual Support System for Wayfinding,” em *5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges*, Lund, Sweden, 2008.
- [37] “Iterative and incremental development,” Wikipedia, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Iterative_and_incremental_development.
- [38] A. M. V. M. A. P. A. S. Davide Carbonia, “Infrastructure-free indoor navigation: a case study,” *Journal of Location Based Services* , vol. 9, nº 1, pp. 33-54, 2015.
- [39] J. Torres-Sospedra, . R. Montoliu, S. Trilles, Ó. Belmonte e J. Huerta, “Comprehensive analysis of distance and similarity measures for Wi-Fi fingerprinting indoor positioning systems,” *Expert Systems with Applications*, vol. 42, nº 23, p. 9263–9278, 2015.
- [40] “RAIN,” Rival Theory, [Online]. Available: <http://rivaltheory.com/rain/>.
- [41] A. Granberg, “A* Pathfinding Project,” [Online]. Available: <http://arongranberg.com/unity/a-pathfinding/comment-page-1/>, [Acedido em Outubro 2017].
- [42] J. Sauro, “MeasuringU,” 2 Fevereiro 2011 . [Online]. Available: <http://www.measuringu.com/sus.php>, [Acedido em Outubro 2017].

Anexo A

Manual de utilizador

Neste anexo encontra-se o manual de utilização da aplicação w4all.

Neste manual será descrito todo o processo de instalação e de utilização da aplicação, assim como as especificações do *hardware* a utilizar.

A.1 O que é a w4all?

w4all é uma aplicação Android que tem o objetivo de ajudar utilizadores, com e sem mobilidade reduzida, a navegarem dentro de edifícios, realizando os cálculos de posicionamento recorrendo à rede Wi-Fi disponível nesse mesmo edifício.

O ecrã da aplicação apresenta duas partes: a interface e uma planta. Na interface, o utilizador pode escolher para onde quer ir, que piso quer ver, qual o seu tipo de mobilidade e indicar a posição onde está, no caso de a aplicação não conseguir calcular automaticamente a sua posição. A planta corresponde a um piso do edifício e nela é representada a posição corrente do utilizador, o local para onde quer ir e espaços de carácter especial, como as casas de banho, os elevadores, as escadas, as rampas de acesso, as portas de entrada, etc. A única maneira de se interagir com a planta é através da interface.

Dependendo do tipo de mobilidade, a aplicação apresenta comportamentos diferentes, tendo o cuidado de limitar a informação útil, “desativando” as escadas, da planta e dos caminhos, no caso de mobilidade reduzida.

Atualmente, a aplicação só funciona no edifício C6 da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, sendo que, em futuras versões, pode ser estendido a outros edifícios.

A.2 Requisitos físicos para executar a aplicação

A aplicação deve ser executada num equipamento com as seguintes características:

- Tablet com:
 - Versão Android 2.3.1 “Gingerbread” ou superior;
 - Ecrã 7 polegadas (recomendado);
 - Pelo menos 1 GB memória RAM;
 - Pelo menos 50 MB de memória livre;
 - Acesso à rede Wi-Fi.

A.3 Utilização da aplicação

A.3.1 Instalação da aplicação

Para se instalar a aplicação, é necessário executar o ficheiro *w4all.apk*, a partir do tablet. De seguida, será apresentada uma janela, semelhante à da Figura A.1, onde se permite o acesso a certas funcionalidades do tablet. Depois de se confirmar estas permissões, a instalação irá começar.

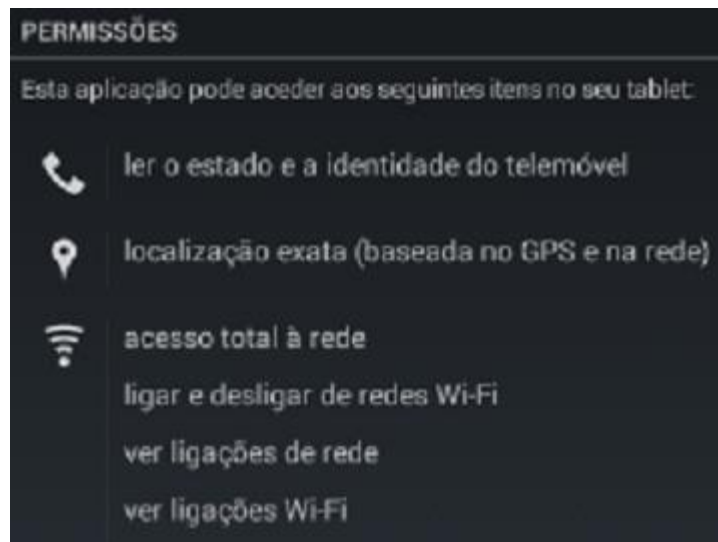


Figura A.1 - Permissões para funcionalidades do tablet, antes da instalação

A.3.2 Iniciar a aplicação

Para iniciar a aplicação, é preciso clicar no novo ícone, “w4all”, no menu de aplicações do tablet. Depois de iniciada, o aspeto da interface da aplicação será parecido à Figura A.2:

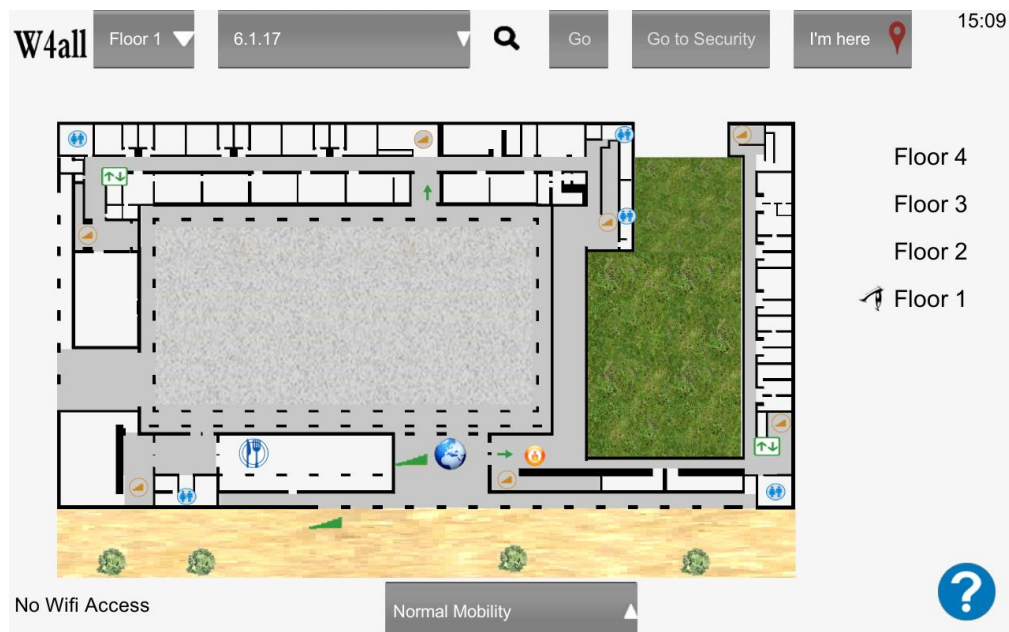


Figura A.2 - Exemplo de um estado inicial da aplicação

A.4 Funcionalidades da interface

Na Figura A.3 (ecrã obtido usando o botão de “?” na interface do w4all) explica-se a organização da interface e as suas diferentes funcionalidades.

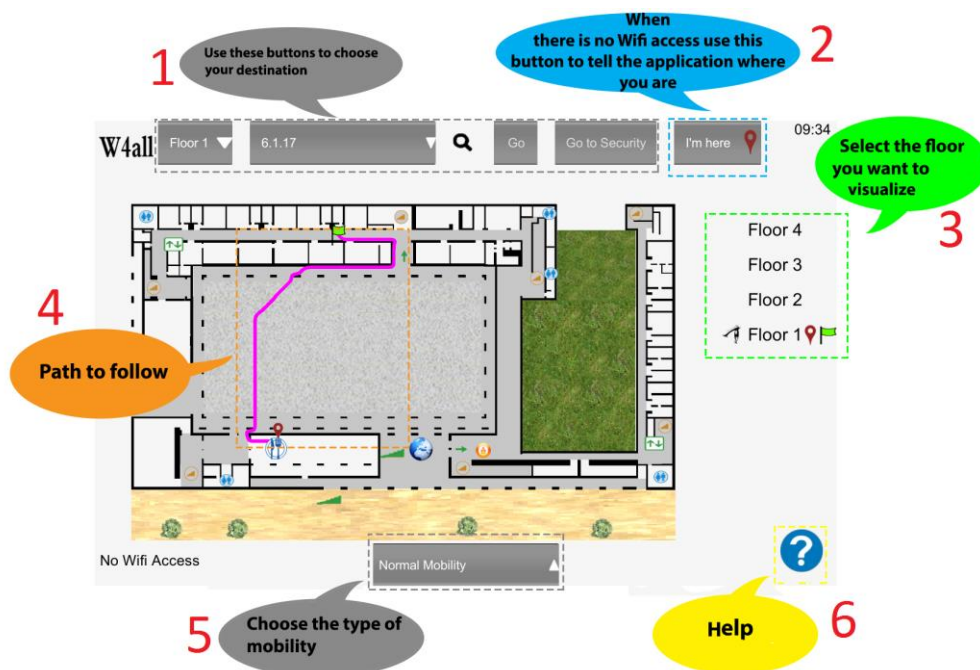


Figura A.3 - Organização e explicação das funcionalidades da interface

As funcionalidades numeradas são:

1. Escolher o destino com os seguintes botões. Da esquerda para a direita, podemos escolher o piso, sendo que, cada piso tem o seu conjunto de salas/espacos, que podem ser escolhidos no segundo botão. A lupa (terceiro botão) serve para procurar a sala/espaco manualmente, digitando o nome. Quando as escolhas tiverem sido feitas, pode-se clicar no *Go*, e a aplicação calculará um caminho, respeitando estas escolhas. O botão *Go to Security* serve como botão de emergência e dá um caminho para o segurança do edifício.
2. Caso o utilizador não tenha acesso à rede Wi-Fi, ou a aplicação tenha dificuldade em aceder ao servidor, ou a calcular a posição atual do utilizador, pode-se usar o botão *I'm here* (Eu estou aqui) para o utilizador definir a sua posição, manualmente, usando, também, os botões de 1.
3. Para se ver um determinado piso do edifício, pode-se clicar no piso pretendido desta lista.
4. Após as escolhas e execução de 1, um caminho como este, será apresentado entre o utilizador e o destino.
5. Neste botão pode-se escolher o tipo de mobilidade do utilizador, normal ou reduzida. Esta escolha terá impacto nos caminhos pedidos em 1.
6. Menu de ajuda.

Na Figura A.4 (também obtida usando o botão de “?” na interface do w4all) pode-se ver a legenda dos símbolos que aparecem na aplicação.



Figura A.4 - Legenda dos vários símbolos da aplicação

Os itens numerados são os seguintes:

1. Posição atual do utilizador.
2. Objetivo;
3. O piso visível;
4. Elevador;
5. Escadas;
6. Rampa
7. Casa de banho;
8. Entrada principal;
9. Segurança;
10. Globo (espaço especial);
11. Árvore;
12. Procurar;
13. Ajuda;
14. Restaurante;
15. Posição do utilizador quando o caminho foi pedido.

Anexo B

Manual técnico

Neste manual técnico da aplicação w4all, encontram-se os vários passos de como a aplicação foi construída e inclui informação importante para futuras alterações/extensões. A leitura deste manual requer que o leitor tenha alguma experiência a usar o Blender e o Unity.

B.1 Introdução

w4all é uma aplicação Android que tem o objetivo de ajudar utilizadores, com e sem mobilidade reduzida, a navegarem dentro de edifícios, realizando os cálculos de posicionamento recorrendo à rede Wi-Fi disponível nesse mesmo edifício.

A aplicação apresenta uma planta do espaço circundante do utilizador, onde este pode pedir caminhos para locais específicos.

Atualmente, a aplicação só funciona no edifício C6 da Faculdade de Ciências, sendo que, em futuras versões, pode ser estendido a outros edifícios.

B.2 Software Utilizado

A aplicação foi desenvolvida no *software* Unity 3D¹, mas houve componentes feitas no *software* Blender². Também se usou um editor de imagem, o Photoshop³. Os passos e ações feitas no Photoshop podem ser feitas noutros editores de imagem.

B.3 Blender

O Blender (2.7.5.0) é um *software open source* que permite criar modelos tridimensionais. Neste caso, os modelos vão ser as plantas dos diferentes pisos do edifício.

B.3.1 Criação dos modelos das plantas

De modo a diminuir a complexidade do modelo, a planta e o modelo foram divididos em planos, zonas e corredores. O plano é uma das formas primitivas do Blender, por isso, irá ser mantido esse termo. Isto vem da ideia de que, dentro do edifício C6, existem zonas e corredores duplicados entre pisos. A divisão foi feita, segundo a Figura B.1.

¹ <http://unity3d.com/pt/>

² <https://www.blender.org/>

³ <http://www.photoshop.com/>

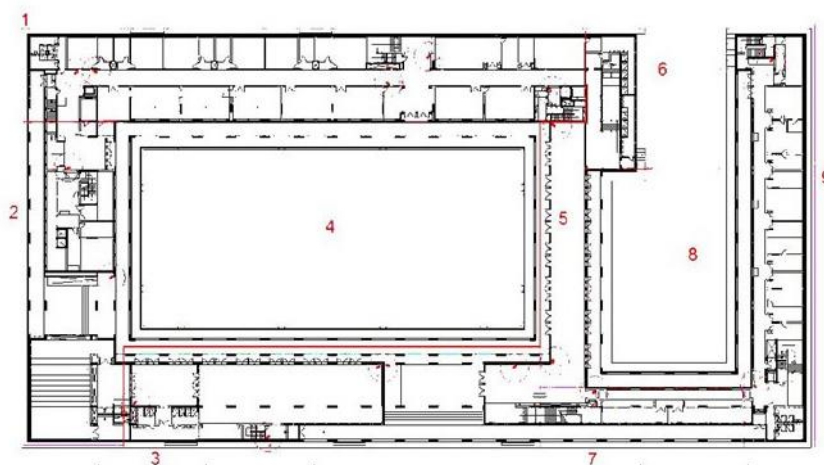


Figura B.1 - Divisão por planos

Se analisarmos o corredor 1, este é semelhante entre os vários pisos, como se pode ver na Figura B.2.

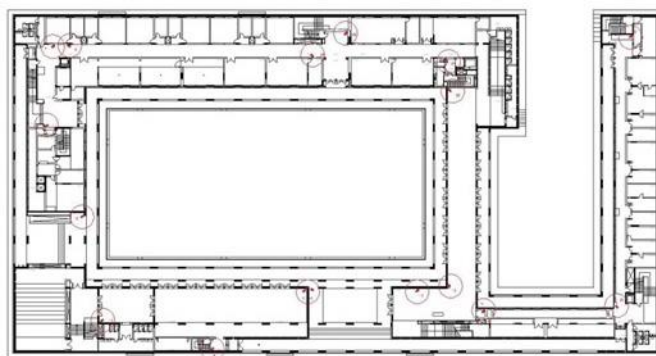


Figura B.2 - Planta do piso 2

No Blender, pode-se usar um “guia”, uma imagem de fundo para ajudar a construir o modelo. Para isso, tem-se de clicar no “+”, ao lado da barra lateral direita, e nesta nova janela seleciona-se “Background Images” e escolhe-se a imagem. Para uma melhor visualização da imagem e dos passos seguintes, aconselha-se a mudar o modo de visualização para “Top Ortho”, ou clicar “5” e “7” no teclado numérico (*numpad*). Na Figura B.3 pode-se ver estes passos.

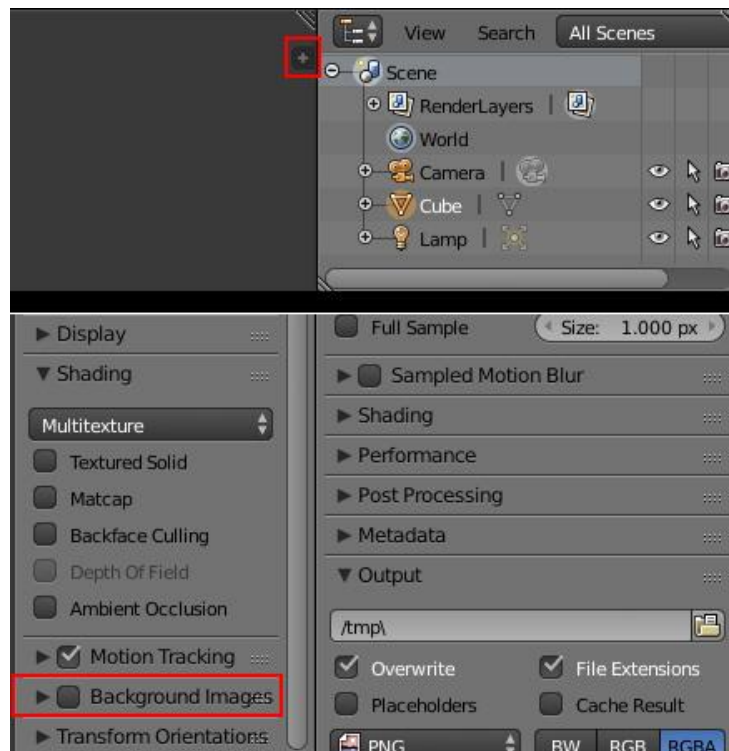


Figura B.3 - Primeiros passos no Blender

Tal como foi referido, um plano é uma das formas primitivas do Blender. Para além de ser 2D, tem a forma retangular e simula bem, por exemplo, o canto de uma parede, como se pode ver na Figura B.4.



Figura B.4 - Início da modelação

O Blender tem a opção de extrusão (tecla “e”, no “edit mode”), ou seja, de deformar uma forma, segundo a direção pretendida. Esta técnica permite-nos “preencher” o resto da parede, a partir do canto, como se pode ver na Figura B.5.



Figura B.5 - Exemplo da técnica de extrusão

Na Figura B.5, também se pode ver que a nova continuação do plano e o original têm uma divisória entre eles. Isto é útil para se conseguir apagar espaços entre paredes, como por exemplo, corredores ou portas. Para isso, basta seleccionar-se essa zona com a ferramenta “Box Selection”, clicando no “b”, e apagar.

A Figura B.6 mostra o resultado final, do piso térreo, com os planos, divididos por ficheiros e no Blender. A vantagem de dividir por ficheiros está no facto de qualquer alteração que ocorra num plano é feita automaticamente no resultado final, sem influenciar os outros planos.

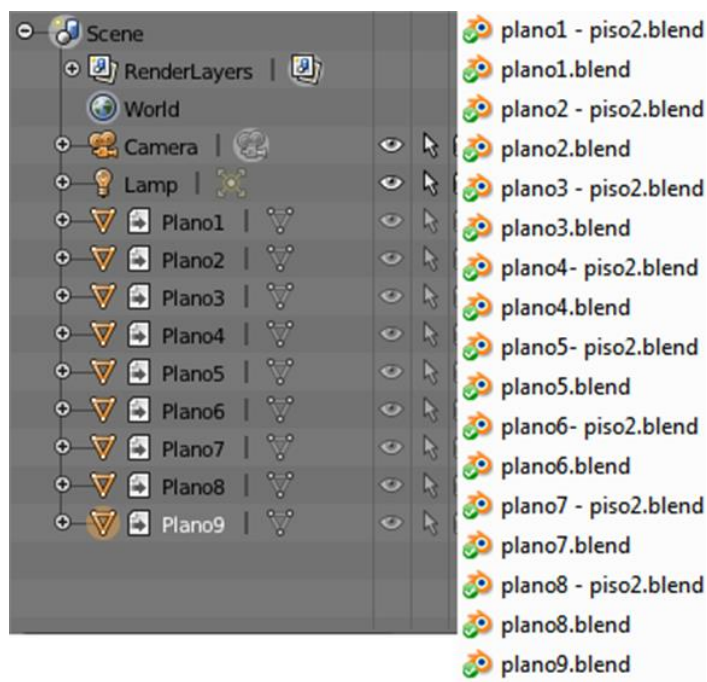


Figura B.6 - Resultado final, com os planos divididos

Para mais informações, consultar:

- <http://gryllus.net/Blender/Lessons/Lesson01.html>

B.3.2 Exportação dos modelos

Após a criação dos modelos, estes têm de ser exportados, com um formato compatível, para o Unity. Neste caso, o formato preferido é formato por omissão do Blender (“*blend*”). O que quer dizer, que para exportar os modelos, basta gravar o ficheiro em “*File*” e “*Save As...*”.

B.4 Unity

O Unity (5.1.2f1) é um motor de jogo 3D. Existe uma versão gratuita e uma versão paga, sendo que as vantagens que a versão paga traz são irrelevantes para este trabalho.

O Unity foi utilizado para a criação da interface (botões, símbolos e outras informações), e cálculos de posições e caminhos.

Nota: Ao criar-se um novo projeto em Unity, é importante saber-se em que diretoria é que o projeto vai ser criado, já que, esta diretoria é importante para os passos seguintes. Normalmente a diretoria terá o seguinte caminho completo:

- [Unidade de armazenamento]\Unity Projects\[Nome do projeto]

Um exemplo do caminho completo da diretoria do projeto:

- D:\Unity Projects\w4all

Também é importante seleccionar-se “3D” na janela de configuração do novo projeto.

Para mais informações, consultar:

- <http://docs.unity3d.com/Manual/index.html>

B.4.1 Importação dos diferentes modelos e símbolos

Existem duas maneiras para se importar os modelos e símbolos para o Unity. Pode-se arrastar os ficheiros, correspondentes aos pisos (por exemplo, piso 1.blend) para a janela “*Assets*”, como se vê na Figura B.7. Ou, também se pode copiar os ficheiros para a pasta “*Assets*”, na diretoria do projeto. Isto serve para se importar qualquer tipo de ficheiro.

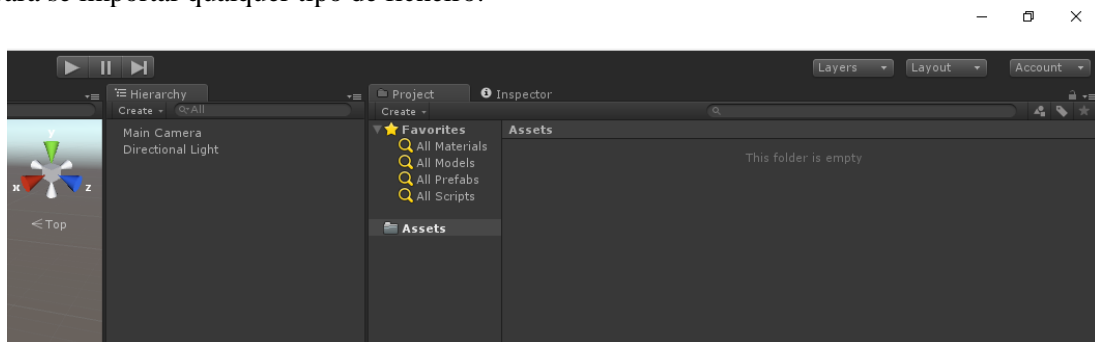


Figura B.7 - Importação do ficheiro ".blend" (Unity)

Em ambos os casos, a hierarquia entre os ficheiros que contêm os pisos e os ficheiros que contêm os planos dos pisos deve ser mantida. Por exemplo, se no Blender os planos estão numa subpasta da pasta onde os pisos estão, no Unity, na pasta “*Assets*” tem de existir uma subpasta com o mesmo nome da subpasta no Blender, com os planos.

Após a importação, os pisos devem ter as configurações da Figura B.8.

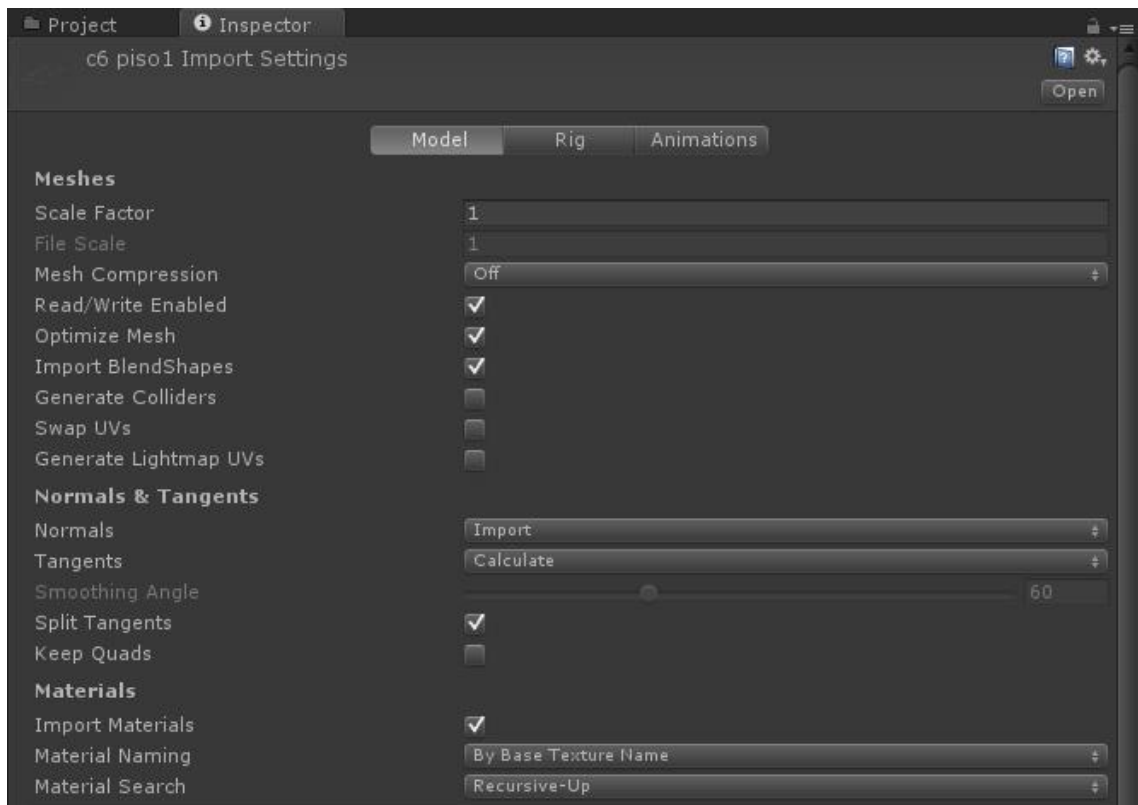


Figura B.8 - Parâmetro do objeto piso

Os símbolos para serem importados corretamente têm de ter o parâmetro *Sprite Mode* com a opção *Sprite (2D and UI)*.

B.4.2 Configuração dos diferentes modelos

Tendo os diferentes modelos no Unity, pode-se passar à sua configuração. Tal como na Figura B.7, os modelos podem ser inseridos no ambiente diretamente por arrasto ou arrastando para a aba “Hierarchy”.

No ambiente, os objetos referentes aos planos (subobjectos dos pisos) devem ter a componente *Mesh Collider* adicionada, com a *Mesh* referente ao respetivo plano.

Todos os objetos devem ter o *script Visibility*, *VisibilityUser* ou *VisibilityUserV2* caso o objeto seja referente a símbolos do mapa, símbolo da posição atual do utilizador ou símbolo da posição inicial do utilizador, respetivamente.

As posições dos objetos no ambiente dependem do seu propósito.

B.4.3 Implementação do algoritmo A*

O algoritmo A* foi implementado usando uma extensão de Unity gratuita, que está no seguinte link:

- <http://arongranberg.com/astar/>.

Toda a documentação sobre esta extensão está em:

- <http://arongranberg.com/astar/docs/index.php>.

Em Unity, para se usar devidamente esta extensão, deve-se criar um objeto novo e adicionar uma nova componente, que albergará as configurações da grelha do algoritmo A*. Na Figura B.9 pode-se ver um exemplo desses parâmetros.

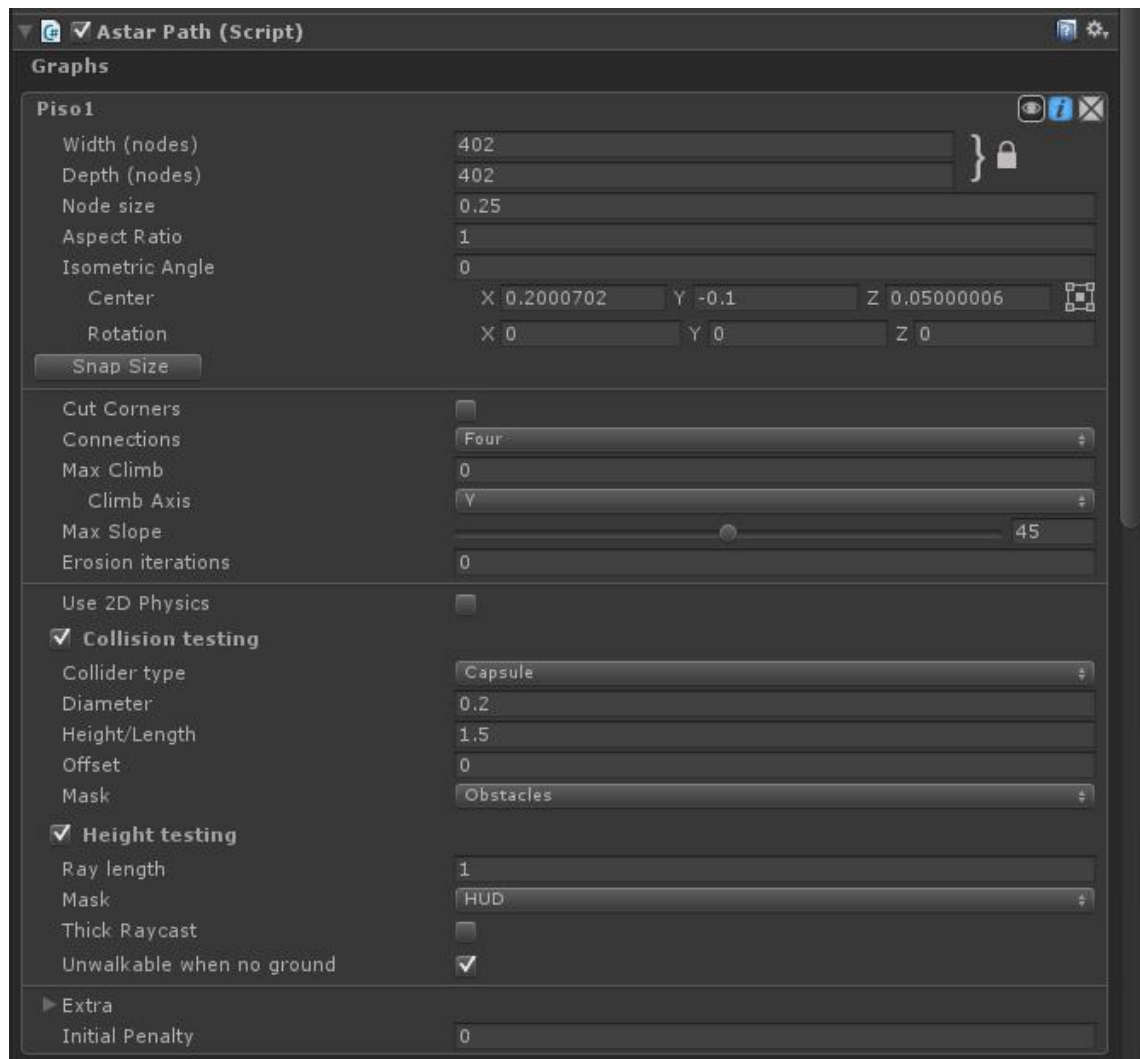


Figura B.9 - Exemplo de parâmetros de análise do ambiente do algoritmo A*

É importante que os objetos que representam obstáculos tenham a *layer* selecionada na primeira *Mask* e objetos que representem o chão tenham a *layer* selecionada na segunda *Mask*.

Existem alguns espaços onde alguns utilizadores não podem caminhar. Estes casos especiais são resolvidos, criando um novo objeto em Unity com uma nova componente. Um exemplo da sua utilização pode ser visto na Figura B.10.

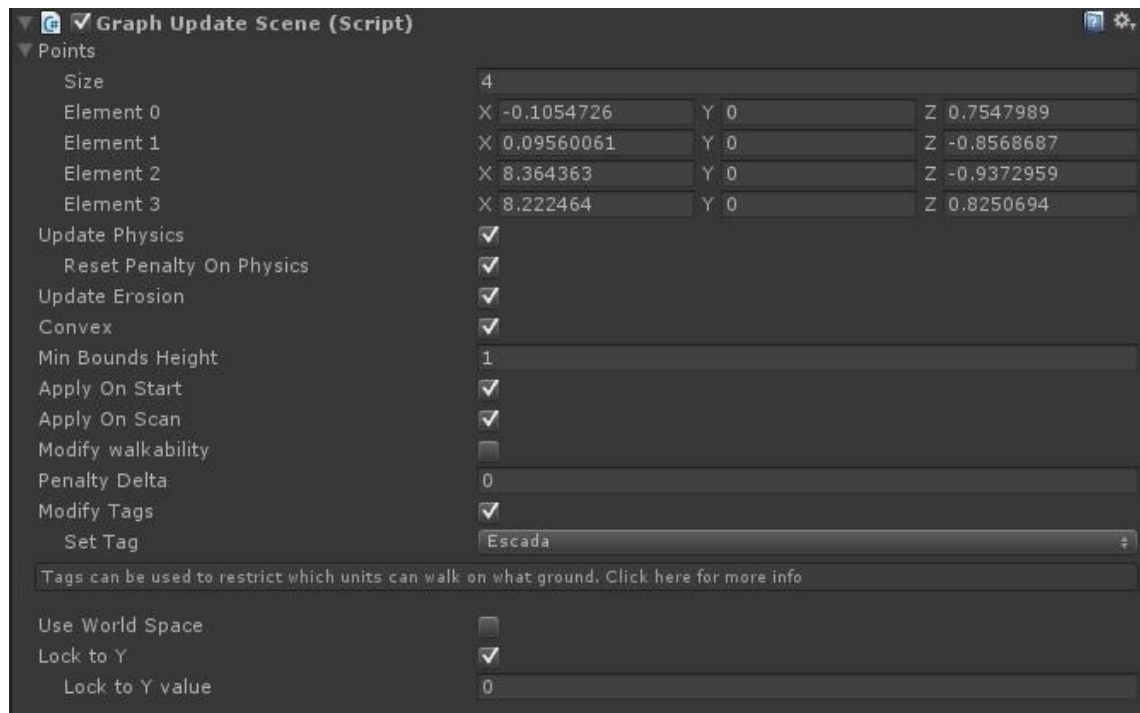


Figura B.10 - Exemplo de parâmetros para casos especiais

Por fim, o objeto destinado a representar o utilizador deverá ter adicionado os *scripts* *AstarAi* e *Seeker*.

B.4.4 Calcular caminhos e implementação da interface

Quer a configuração do cálculo de caminhos e seu desenho no ambiente, quer a configuração da interface, residem maioritariamente em código e *scripts*. A única coisa configurável, a partir da interface gráfica do Unity, é o aspeto da interface, como se pode ver na Figura B.11.

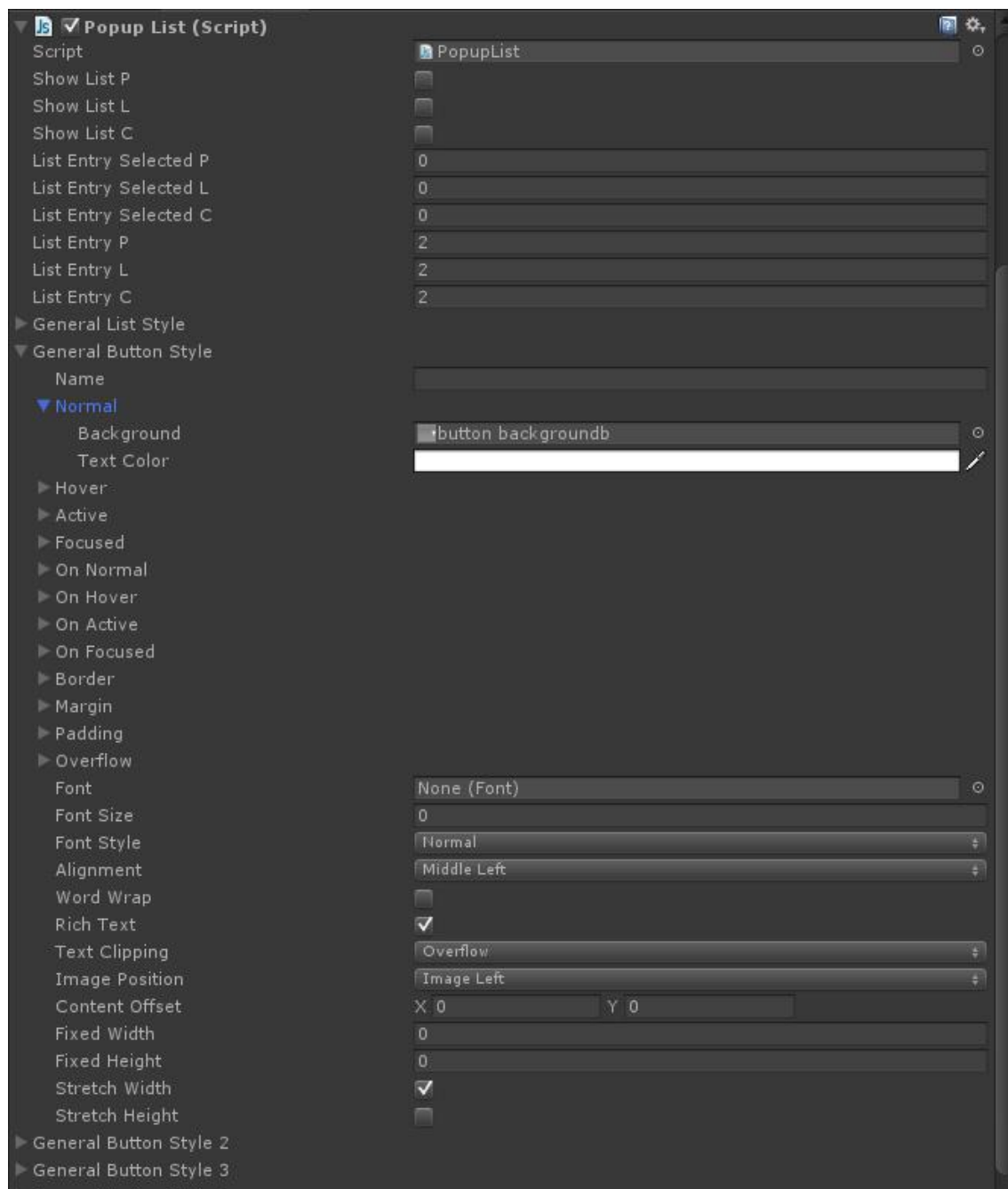


Figura B.11 - Configuração do aspeto da interface

B.5 Recolher e modificar *fingerprints*

A localização do utilizador é calculada através de *fingerprints*. Estas *fingerprints* representam espaços dentro de um edifício. Para recolher as *fingerprints* de um espaço, usa-se a aplicação Where@UM. Na Figura B.12 pode-se ver os passos para fazer esta recolha.

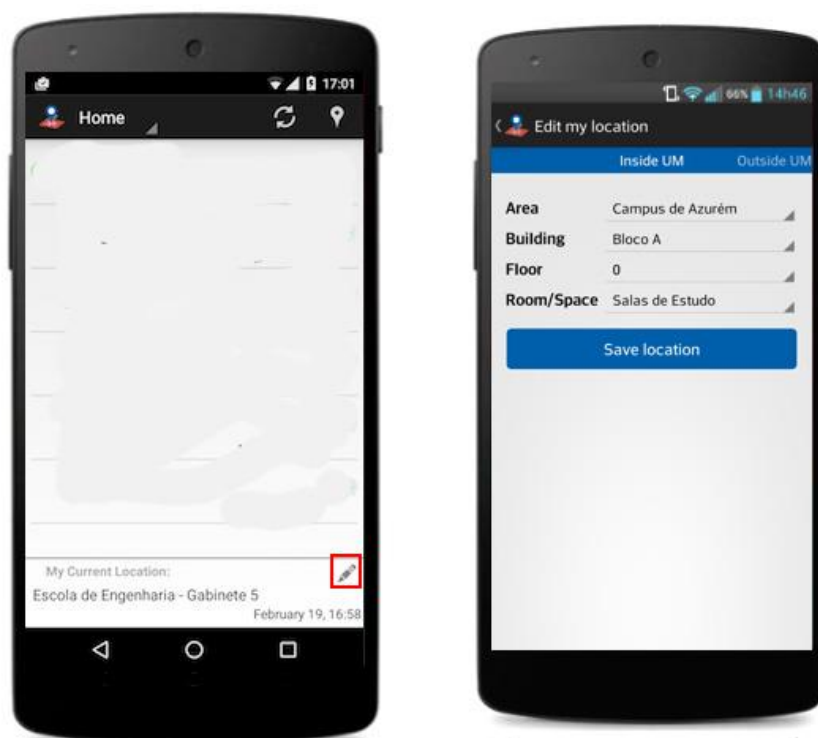


Figura B.12 - Editar localização do utilizador no Where@UM

Usando a interface da aplicação, pode-se editar o local onde estamos, clicando no lápis, assinalado com um rectângulo vermelho, na janela à esquerda. Ao clicar no lápis, uma janela, semelhante à da direita, irá aparecer. Nesta janela, podemos indicar à aplicação a área, o edifício, piso e espaço onde estamos, clicando no “Save Location” depois inseridos todos os campos. É importante que a informação inserida na aplicação Where@UM esteja correcta, já que, depois será usada pela aplicação w4all.

Caso o espaço não exista, na lista, um novo pode ser criado, usando a mesma interface, digitando o nome do novo espaço no campo adequado e clicando no “Save Location”.

Sempre que se clica em “Save Location”, o espaço é criado ou atualizado na base de dados, que está num servidor remoto. O acesso a este servidor remoto e à base de dados pode ser feito por “ssh”. Na Figura B.13 pode-se ver o modelo de dados da base de dados.

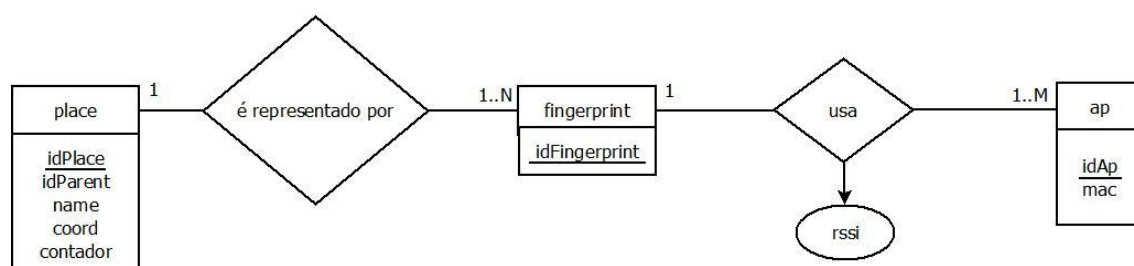


Figura B.13 - Modelo de dados da base de dados

Informações sobre as *fingerprints* e os espaços podem ser alteradas a partir da linha de comandos do “ssh”, usando a linguagem SQL.

B.6 Adicionar novas funcionalidades

Como a aplicação w4all foi desenvolvida no Unity, adicionar novas funcionalidades é muito simples. O Unity, embora tenha um editor gráfico para facilitar o desenvolvimento de aplicações, baseia-se em *scripts*. As linguagens que podem ser usadas nestes *scripts* são C# (C Sharp) ou JavaScript.

Novos modelos e símbolos podem ser construídos e adicionados de maneira semelhante à explicada na secção B.3 e B.4.1.

Funcionalidades que necessitam de acesso à base de dados, para além de terem de ser implementadas em Unity, chamam métodos, de um *script* PHP do servidor, que fazem a ligação entre a base de dados e a aplicação. Ou seja, se uma nova funcionalidade precisa, por exemplo, do número de locais existentes num edifício, essa funcionalidade, a partir do Unity, chama um método, que está no *script* PHP do servidor, previamente criado, que executa um comando SQL sobre a base de dados e devolve ao Unity a informação pedida.

Atualmente, na aplicação, existem já algumas funcionalidades implementadas, que podem ser copiadas e redefinidas para novas funcionalidades. Por exemplo, a criação de um novo botão pode ser feita copiando o código de outro botão e alterando o seu tamanho, aspeto, texto e função. A mesma coisa pode ser feita para chamadas ao servidor, sendo que, chamadas já existentes podem ser copiadas, alterando o método que chamam do servidor e o que fazer com a informação recebida do servidor.

Anexo C

Tabela de símbolos

Tabela C.1 - Símbolos usados na aplicação

Símbolo	Legenda
	Globo
	Árvore
	Elevador
	Escada (mobilidade normal)
	Escada (mobilidade reduzida)
	Rampa
	Entrada principal
	WC
	Restaurante/Bar
	Segurança
	Localização actual do utilizador
	Localização inicial do utilizador
	Localização do destino
	Procurar
	Piso que está a ver
	Ajuda

Anexo D

Guião de testes preliminares

Guião de Testes com Utilizadores

Inquirição contextual para utilizadores da aplicação w4all

JULHO 2015

Introdução

A aplicação w4all é uma aplicação móvel que tem como objetivo indicar caminhos dentro de edifícios, de forma visual num mapa no ecrã do dispositivo.

O protótipo que vai testar indica caminhos dentro do edifício C6 da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. A aplicação destina-se a utilizadores que conheçam ou não conheçam o espaço e determina caminhos para utilizadores com ou sem mobilidade reduzida.

O protótipo começa por apresentar um mapa 2D do piso onde o utilizador se encontra no momento, mais os acessos disponíveis nesse piso. A partir daí, através de opções e informações localizadas em redor do mapa, o utilizador pode (da esquerda para a direita, na interface da aplicação):

- Escolher o piso para onde quer ir;
- Escolher o local para onde quer ir (depende do piso que escolheu);
- Procurar o local (o utilizador não precisa de saber o piso);
- Escolher o tipo de mobilidade (reduzida ou não reduzida);
- Ver outros pisos;
- Saber em que piso está.

Perfil do Utilizador

- Idade: ____ 15 a 30 ____ 30 a 45 ____ >=45
 - Género: ____ M ____ F
 - Mobilidade: ____ Reduzida ____ Não reduzida
 - Conhece o interior do edifício C6 da Faculdade de Ciências?
 - (1 - desconheço totalmente, 5 - conheço totalmente) ____
 - Possui um dispositivo Android?
 - Se sim, qual? ____ Tablet ____ Smartphone ____ Outro ____ QUAL?
 - Está habituado a utilizar um dispositivo Android? ____ sim ____ não
 - Usa o Google Maps, ou outro tipo de sistema de navegação, frequentemente?
 - ____ sim ____ não
 - Se sim, mudaria algo nessa aplicação (p. ex. info apresentada ou interface)?
 - ____ sim ____ não
 - Se sim, O que mudaria?
-

Guião de Utilização- tarefas

Como muitos caloiros desta faculdade, com as seguintes tarefas, você terá de ir assistir às aulas, estudar num sítio sossegado e tirar dúvidas com professores. As seguintes tarefas têm de ser cumpridas por ordem. O início de uma tarefa, depende da finalização da anterior.

Tarefa 1: Colocar-se junto ao Globo, no piso 1;

Tarefa 2: Tem uma aula na sala 6.1.36, no piso 1;

Tarefa 3: Tem de tirar dúvidas com um professor. Vá até a sala 6.2.10, no piso 2;

Tarefa 4: Mais outra aula! Esta é no 6.2.48;

Tarefa 5: Precisa de um livro para estudar. Vá até à Biblioteca DI buscá-lo;

Tarefa 6: Um amigo quer falar consigo. Ele está no 6.4.52;

Tarefa 7: Precisa de comer! Vá até ao Bar e relaxe um pouco. Você merece.

Guião de Utilização- questionário

- 1- Em relação à escolha/configuração dos caminhos e da mobilidade, numa escala de 1 a 5 (1 - péssimo, 5 - excelente) dê a sua opinião quanto à:

a) Clareza na escolha do piso de destino	
b) Clareza na escolha do local de destino	
c) Clareza na procura do local de destino	
d) Clareza na escolha da mobilidade	
e) Clareza na escolha do piso que visualiza	
f) Clareza da funcionalidade de cada botão	
g) Disposição dos botões e caixas de texto	

- h) Sugere algumas alterações neste aspeto da interface? Quais?

- i) Sugere a inserção de mais algumas funcionalidades neste aspeto? Quais?

- 2- Concorda com esta organização de locais, por piso?

_____sim _____ não

- 3- Concorda com os nomes dos locais?

_____sim _____ não

Se não, então qual seria o nome adequado?

Nome actual	Nome sugerido

4- Em relação à visualização do mapa, dos caminhos e do utilizador, numa escala de 1 a 5 (1 - péssimo, 5 - excelente) dê a sua opinião quanto à:

5-

a) Facilidade em perceber o mapa	
b) Facilidade em perceber os símbolos no mapa	
c) Facilidade em controlar a câmara	
d) Facilidade em perceber o símbolo que assinala a posição do utilizador no mapa	
e) Facilidade em perceber o caminho no mapa	
f) Facilidade em perceber o destino no mapa	









g) Sugere algumas alterações neste aspeto da interface? Quais?

--

h) Sugere a inserção de mais algumas funcionalidades neste aspeto? Quais?

--

6- Preencha o seguinte quadro:

Símbolo	O símbolo é Percetível? (1-Nada Percetível a 5- Extremamente Percetível)	Se classificou com o valor 1 ou 2, explique porquê
 (elevador)		
 (globo)		
 (rampa)		
 (entrada principal)		
 (escada)		
 (árvore)		
 (utilizador)		
 (WC)		

7- O número de locais apresentados por piso é adequado?

_____sim _____ não

Se não, então qual seria o número adequado? Porquê?

8- Considera que o mapa 2D é suficiente para se localizar ou acha necessária uma versão 3D?

_____sim _____ não

Porquê?

9- Considera que o protótipo é rápido e simples o suficiente?

_____sim _____ não

10- Acharia útil ter a aplicação disponível noutros edifícios?

_____sim _____ não

11- Apreciação global da utilidade/relevância da aplicação:

1 (péssima)	2	3	4	5 (excelente)
-------------	---	---	---	---------------

12- Que funcionalidades adicionais sugere?

--

13- Preferia/consideraria importante que o mapa respondesse à rotação do utilizador, para além da sua posição?

Sim ☐ Não ☐

Se sim, explique a sua escolha.

--

14- Qual o aspeto do protótipo que mais lhe chamou atenção?

--

15- Que aspetos/funcionalidades do protótipo poderiam ser melhorados ou adicionados?

--

16- Numa escala de 1 a 5 (1 – muito complexo, 5 - simples) dê a sua opinião quanto ao nível de dificuldade da utilização do protótipo.

i) Que aspetos considerou difíceis?

ii) Que aspetos considerou fáceis?

17- Utilizaria este protótipo para se orientar dentro de edifícios? Porquê?

18- Observações

Anexo E

Guião de testes

(mob-ddmm-nº) _____

Guião de Testes com Utilizadores

Inquirição contextual para utilizadores da aplicação w4all

Julho 2016

Introdução

A w4all (pode ler-se “way for all”) é uma aplicação móvel que tem como objetivo indicar caminhos dentro de edifícios e que se destina a utilizadores com ou sem mobilidade reduzida. A aplicação foi concebida e implementada para calcular esses caminhos *in loco* e mostrá-los de forma visual sobre um mapa no ecrã do dispositivo.

Ao ser iniciada, a aplicação apresenta o mapa 2D do piso do edifício em que o utilizador se encontra no momento e assinala vários locais neste piso, nomeadamente os acessos disponíveis (escadas e/ou elevadores). Através de opções e informações na interface, o utilizador pode:

- Escolher o tipo de mobilidade (reduzida ou não reduzida);
- Obter um caminho começando por escolher o piso e, dentro deste, o local para onde quer ir;
- Obter um caminho escolhendo o local de destino (mesmo que não saiba em que piso este se localiza);
- Obter um caminho alternativo (quando por exemplo um elevador está fora de serviço)
- Visualizar os mapas dos outros pisos.

O protótipo que vai testar indica caminhos dentro do edifício C6 da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

As respostas ao questionário que irá preencher depois dos testes são anónimas e o tempo estimado para a realização dos testes e para a resposta ao questionário está entre 40 e 60 min.

Agradecemos muito a sua colaboração neste estudo!

Perfil do Utilizador

- Idade: 15 a 30 ____ 30 a 45 ____ >=45 ____
- Género: M ____ F ____
- Mobilidade: Reduzida ____ Não reduzida ____
- Conhece o interior do edifício C6 da Faculdade de Ciências?
Não conheço ____ Conheço razoavelmente ____ Conheço bem ____
- Está habituado a utilizar um dispositivo móvel? Sim ____ Não ____
Se respondeu sim à pergunta anterior:
 - Que tipo de dispositivo usa? Tablet ____ Smartphone ____ Outro (qual?) _____
 - Com que frequência usa o dispositivo? (escolha a resposta que lhe parece mais adequada)
Várias vezes ao dia ____ Várias vezes por semana ____ Uma vez por semana ou menos ____
- Usa o Google Maps ou outro tipo de sistema de navegação? Sim ____ Não ____

Se respondeu sim à pergunta anterior:

- Com que frequência o usa ? (escolha a resposta que lhe parece mais adequada)
Várias vezes ao dia ____ Várias vezes por semana ____ Uma vez por semana ou menos ____
- Diga se mudaria algo nessa aplicação (p. ex. tipo de informação apresentada ou interface)?

Guião de Utilização- questionário

- 1- Numa escala de 1 a 5 (1 – discordo totalmente, 5 – concordo totalmente) indique o seu nível de concordância em relação às seguintes frases:

1. Gostaria de usar esta aplicação frequentemente	
2. A aplicação é desnecessariamente complexa	
3. A aplicação é fácil de usar	
4. Necessito de ajuda de um técnico para conseguir usar a aplicação	
5. As várias funções da aplicação estão muito bem integradas	
6. A aplicação apresenta demasiadas inconsistências	
7. As pessoas irão aprender a usar a aplicação muito rapidamente	
8. Muitas funcionalidades da aplicação não se percebe bem para que servem	
9. Senti-me confiante e tranquilo/a a usar a aplicação	
10. Tive de aprender demasiadas coisas antes de começar a usar o sistema	
11. A aplicação cumpre as minhas expectativas iniciais, isto é, responde aos objetivos antecipados	
12. A aplicação permite aquilo a que se propõe sem restrições	

- 2- Em relação à escolha/configuração dos caminhos e da mobilidade, indique a sua concordância em relação às afirmações seguintes usando uma escala de 1 a 5 (1 – discordo totalmente, 5 – concordo totalmente):

1. É fácil escolher o piso de destino	
2. É fácil escolher o local de destino	
3. É fácil procurar o local de destino (quando, por ex. não sei qual é o piso)	
4. É fácil escolher o tipo de mobilidade	
5. É fácil escolher o piso que se quer visualizar	
6. É fácil compreender a funcionalidade de cada botão	
7. A disposição dos botões na interface é adequada	

- 3- No menu da aplicação, os locais aparecem organizados por pisos. Concorde com esta organização?

Sim ____ Não ____

Se respondeu não, sugere outra forma de organização?

- 4- Em relação à visualização do mapa, dos caminhos e da posição do utilizador, indique a sua concordância em relação às afirmações seguintes usando uma escala de 1 a 5 (1 – discordo totalmente, 5 – concordo totalmente):

1. É fácil perceber o mapa	
2. É fácil perceber qual é o piso que está a ser visualizado.	
3. É fácil perceber os símbolos que indicam locais no mapa	
4. É fácil perceber o símbolo que assinala a posição do utilizador no mapa	
5. É fácil perceber o símbolo que assinala a posição do destino no mapa	
6. É fácil perceber o caminho no mapa	
7. É fácil perceber a localização do destino no mapa	
8. É fácil fazer <i>Zooming</i>	
9. É fácil fazer <i>Panning</i>	
10. É fácil usar o botão <i>I'm here</i> para indicar à aplicação onde me encontro (usando a sinalética presente no interior do edifício) .	

Preencha o seguinte quadro ***(1- Nada Percetível a 5- Extremamente Percetível):**

Símbolo	O símbolo é <u>Percetível</u> (*)?	Se classificou com o valor 1 ou 2, explique porquê
 globo		
 árvore		
 elevador		
 escada		
 rampa		
 entrada principal		
 WC		
 restaurante/bar		
 segurança		
 localização actual do utilizador		
 localização inicial do utilizador		
 localização do destino		
 procurar		
 pisos que estão a ver		
 ajuda		

5- Notou alterações em algum ou alguns dos símbolos anteriores enquanto usava a aplicação?

Sim ____ Não ____

Se respondeu sim, qual ou quais e em que circunstâncias?

6- Considera que o número de locais apresentados por piso é adequado?

Sim ____ Não ____

Se respondeu não, diga que locais acrescentaria. Porquê?

7- Considera que seria necessário ter na interface uma representação 3D do espaço interior do edifício para se localizar melhor?

Sim ____ Não ____

Se respondeu sim, diga porquê.

8- Qual o aspeto da aplicação que mais lhe despertou a atenção?

9- Que aspetos considerou mais difíceis de usar?

10- Que aspectos considerou mais fáceis de usar?

11- O que mais gostou na aplicação?

12- O que menos gostou na aplicação?

13- Que funcionalidades adicionais sugere?

14- Com base na sua experiência com sistemas de navegação (Google Maps, GPS, entre outros) mudaria algo na aplicação w4all?

Sim ____ Não ____

Se respondeu sim, diga o que mudaria:

15- Acharia útil ter a aplicação disponível noutros edifícios (por exemplo, outras faculdades, centros comerciais, hospitais, centros de saúde, etc)?

Sim ____ Não ____

16- Numa escala de 1 a 5 (1 – nada revelente, 5 – muito relevante) qual a sua apreciação global acerca da **utilidade/relevância** da aplicação: _____

17- Numa escala de 1 a 5 (1 – péssima, 5 – excelente) indique a sua **apreciação global da aplicação**:

Observações:

Anexo F

Fotografias dos testes com utilizadores



Figura F.1 - Utilizadora a testar a aplicação no edifício C6 acompanhada por Pedro Cardoso.



Figura F.2 - Utilizadora a testar a aplicação no edifício C6 acompanhada por Pedro Cardoso.

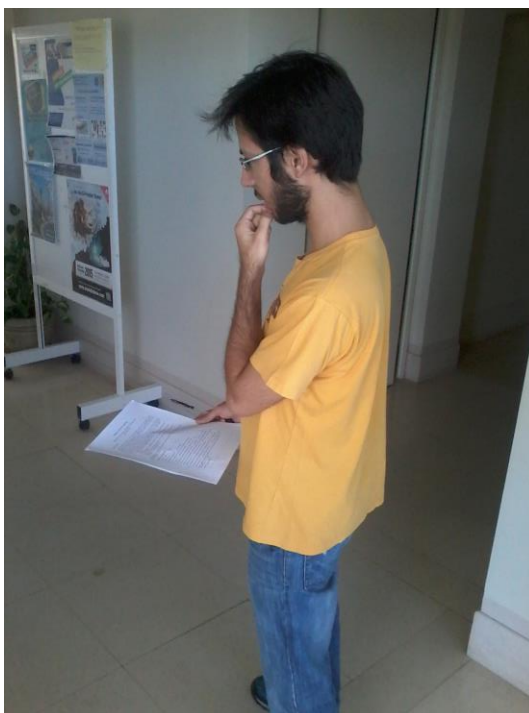


Figura F.3 - Utilizador a preencher o inquérito depois de ter testado a aplicação no edifício C6 da FCUL.

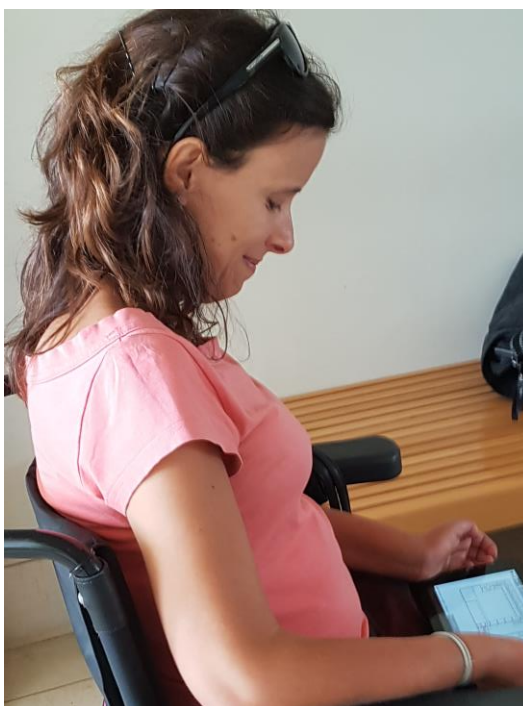


Figura F.4 - Utilizadora a testar aplicação no edifício C6 da FCUL.



Figura F.5 - Utilizadora a testar aplicação no edifício C6 da FCUL.